

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและการวิเคราะห์

#### 4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

ในการศึกษานี้ได้เก็บตัวอย่างน้ำเสียจากโรงกลั่นน้ำมันบางจาก ซึ่งได้ผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยถังตกตะกอนแบบแผ่น จากการวิเคราะห์พบว่าลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียมีสีค่อนข้างดำขุ่นและมีกลิ่นฉุนของน้ำมัน ส่วนลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง พบว่าค่าพีเอชของน้ำเสียเป็นกลางอยู่ในช่วง 7.65 - 8.92 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.16 อุณหภูมิของน้ำเสียอยู่ในช่วง 29 - 31 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส ค่าของแข็งแขวนลอยมีค่าค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วง 19 - 40 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.3 มก./ล. ค่าของแข็งทั้งหมดค่อนข้างสูงและแปรปรวนมากโดยอยู่ในช่วง 646 - 1284 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 834 มก./ล. ค่าซีโอดีของน้ำเสียค่อนข้างต่ำขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำมันที่ปนเปื้อนโดยอยู่ในช่วง 176 - 400 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 265 มก./ล. และค่าน้ำมันและไขมันยังสูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งค่อนข้างมากโดยอยู่ในช่วง 13.8 - 34.2 มก./ล. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.8 มก./ล. รายละเอียดลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองได้แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียของโรงกลั่นน้ำมันบางจากที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเบี่ยงเบน
pH	8.16	7.65 - 8.92	0.46
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	30	29 - 31	0.61
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	28.3	19 - 40	8.56
ของแข็งทั้งหมด (มก./ล.)	834	646 - 1284	174.05
ซีโอดี (มก./ล.)	265	176 - 400	67.02
น้ำมันและไขมัน (มก./ล.)	25.8	13.8 - 34.2	5.78

หมายเหตุ จำนวนตัวอย่างเท่ากับ 14 ตัวอย่าง

## 4.2 การทดลองโดยใช้กระบวนการโคแอกกูเลชัน

การทดลองในขั้นตอนนี้ได้แบ่งการพิจารณาเป็น 3 กลุ่มการทดลอง ประกอบด้วย

- 1) การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสม
- 2) การทดสอบหาปริมาณการใช้สารโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสม
- 3) การทดสอบหาปริมาณการใช้สารโคแอกกูแลนต์ร่วมกับฟลอคคูลแลนต์เอ็ดที่เหมาะสม

### 4.2.1 การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสม

การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสม แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง ประกอบด้วย

- 1) การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสม ของการใช้สารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนต์
- 2) การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสม ของการใช้สารโพลีเมอร์ประจุบวกเป็นสารโคแอกกูแลนต์

#### 4.2.1.1 การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสมโดยใช้สารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนต์

การทดสอบทำการทดลองโดยใช้ชุดทดสอบจาร์เทสต์ โดยนำตัวอย่างน้ำเสียที่มีค่าของแข็งแขวนลอย ของแข็งทั้งหมด ซีไอดีและน้ำมันเท่ากับ 35.5 1284 288 และ 33.2 มก./ล. ตามลำดับ มาเติมสารส้มปริมาณเท่ากับ 20 มก./ล. และทำการปรับพีเอชด้วยกรดซัลฟูริกหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยปรับเปลี่ยนค่าพีเอชในช่วง 4 - 9 หลังจากการทดลองกวนเร็วและกวนช้าแล้ว นำน้ำใส่ส่วนบนมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และคำนวณหาประสิทธิภาพในการกำจัดสารมลพิษสำหรับค่าพีเอชต่าง ๆ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.2

จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้สารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนต์จะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดที่ค่าพีเอชประมาณ 6 โดยประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับร้อยละ 69.0 ปริมาณของแข็งแขวนลอยคงเหลือเท่ากับ 11 มก./ล. ปริมาณของแข็งทั้งหมดคงเหลือเท่ากับ 1422 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีเท่ากับร้อยละ 31.9 ปริมาณซีไอดีคงเหลือเท่ากับ 196 มก./ล. และประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันเท่ากับร้อยละ 54.2 ปริมาณน้ำมันคงเหลือเท่ากับ 15.2 มก./ล. ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ ดังนั้นในการทดลองที่ใช้สารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนต์ในขั้นตอนต่อไปจะใช้ค่าพีเอชประมาณ 6 สำหรับทุกการทดลอง

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองหาค่าพีเอชที่เหมาะสมโดยใช้สารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนต์

pH	SS		TS		COD		O&G	
	mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal
4.0	26.5	25.4	1560	-21.5	240	16.7	25.4	23.5
5.0	19.5	45.1	1516	-18.1	221	23.3	19.0	42.8
6.0	11.0	69.0	1422	-10.7	196	31.9	15.2	54.2
7.0	29.5	16.9	1326	-3.3	252	12.5	25.0	24.7
8.0	26.0	26.8	1334	-3.9	264	8.3	22.2	33.1
9.0	32.5	8.5	1348	-5.0	264	8.3	25.6	22.9

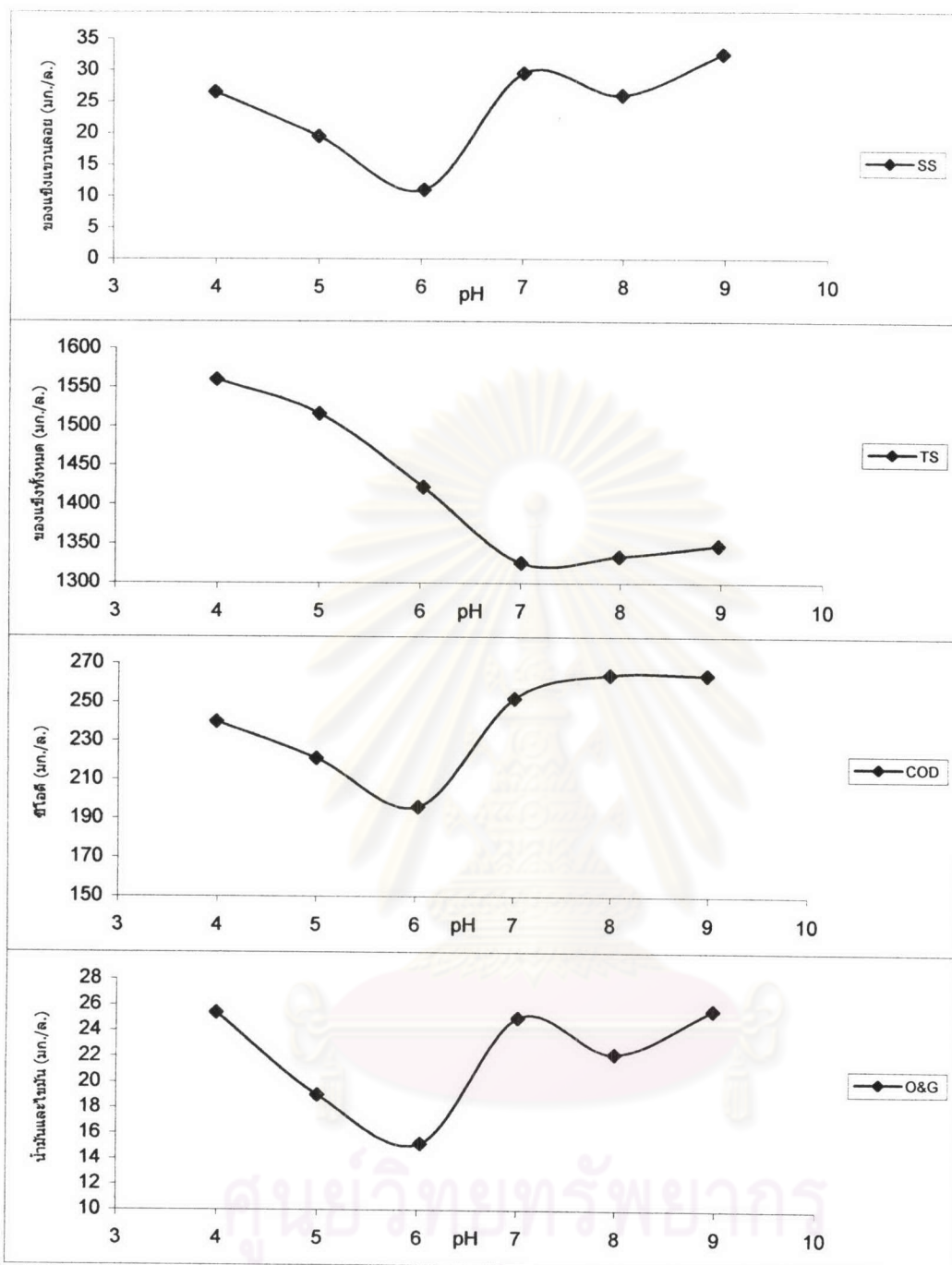
#### 4.2.1.2 การทดสอบหาค่าพีเอชที่เหมาะสมโดยใช้โพลีเมอร์ประจุบวกเป็นสารโคแอกกูแลนต์

การทดสอบทำการทดลองโดยใช้ชุดทดสอบจาร์เทสต์ โดยนำตัวอย่างน้ำเสียที่มีค่าของแข็งแขวนลอย ของแข็งทั้งหมด ซีไอดีและน้ำมันเท่ากับ 32.5 1084 326 และ 24.6 มก./ล. ตามลำดับ มาเติมสารโพลีเมอร์ประจุบวก ปริมาณเท่ากับ 3 มก./ล. และทำการปรับพีเอชด้วยกรดซัลฟูริกหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยปรับเปลี่ยนค่าพีเอชในช่วง 4 - 9 หลังจากการทดลองกวนเร็วและกวนช้าแล้วนำน้ำใสส่วนบนมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และคำนวณหาประสิทธิภาพในการกำจัดสารมลพิษสำหรับค่าพีเอชต่าง ๆ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3

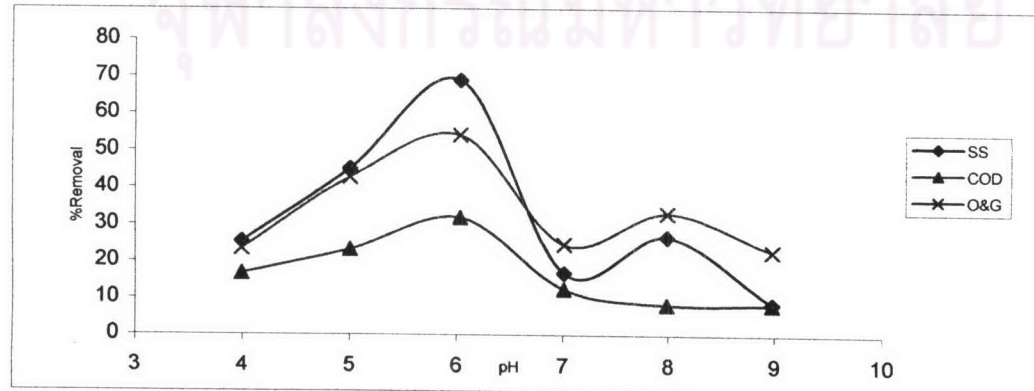
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองหาค่าพีเอชที่เหมาะสมโดยใช้โพลีเมอร์ประจุบวกเป็นสารโคแอกกูแลนต์

pH	SS		TS		COD		O&G	
	mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal
4.0	19.5	40.0	1180	-8.9	279	14.4	18.4	25.2
5.0	14.5	55.4	1162	-7.2	250	23.3	16.2	34.1
6.0	18.0	44.6	1124	-3.7	265	18.7	18.0	26.8
7.0	22.5	30.8	1046	3.5	289	11.3	19.2	22.0
8.0	24.0	26.2	1070	1.3	289	11.3	19.4	21.1
9.0	23.5	27.7	1112	-2.6	289	11.3	18.6	24.4





รูปที่ 4.1 ปริมาณสารมลพิษที่เหลือในการทดลองหาค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับสารส้ม



รูปที่ 4.2 ประสิทธิภาพการกำจัดสารมลพิษในการทดลองหาค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับสารส้ม



จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้โพลีเมอร์ประจุบวกเป็นสารโคแอกกูแลนต์จะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดที่ค่าพีเอชประมาณ 5 โดยประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับร้อยละ 55.4 ปริมาณของแข็งแขวนลอยคงเหลือเท่ากับ 14.5 มก./ล. ปริมาณของแข็งทั้งหมดคงเหลือเท่ากับ 1162 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากับร้อยละ 23.3 ปริมาณซีโอดีคงเหลือเท่ากับ 250 มก./ล. และประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันเท่ากับร้อยละ 34.1 ปริมาณน้ำมันคงเหลือเท่ากับ 16.2 มก./ล. ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ ดังนั้นในการทดลองที่ใช้โพลีเมอร์ประจุบวกเป็นสารโคแอกกูแลนต์ในขั้นตอนต่อไปจะใช้ค่าพีเอชประมาณ 5 สำหรับทุกการทดลอง

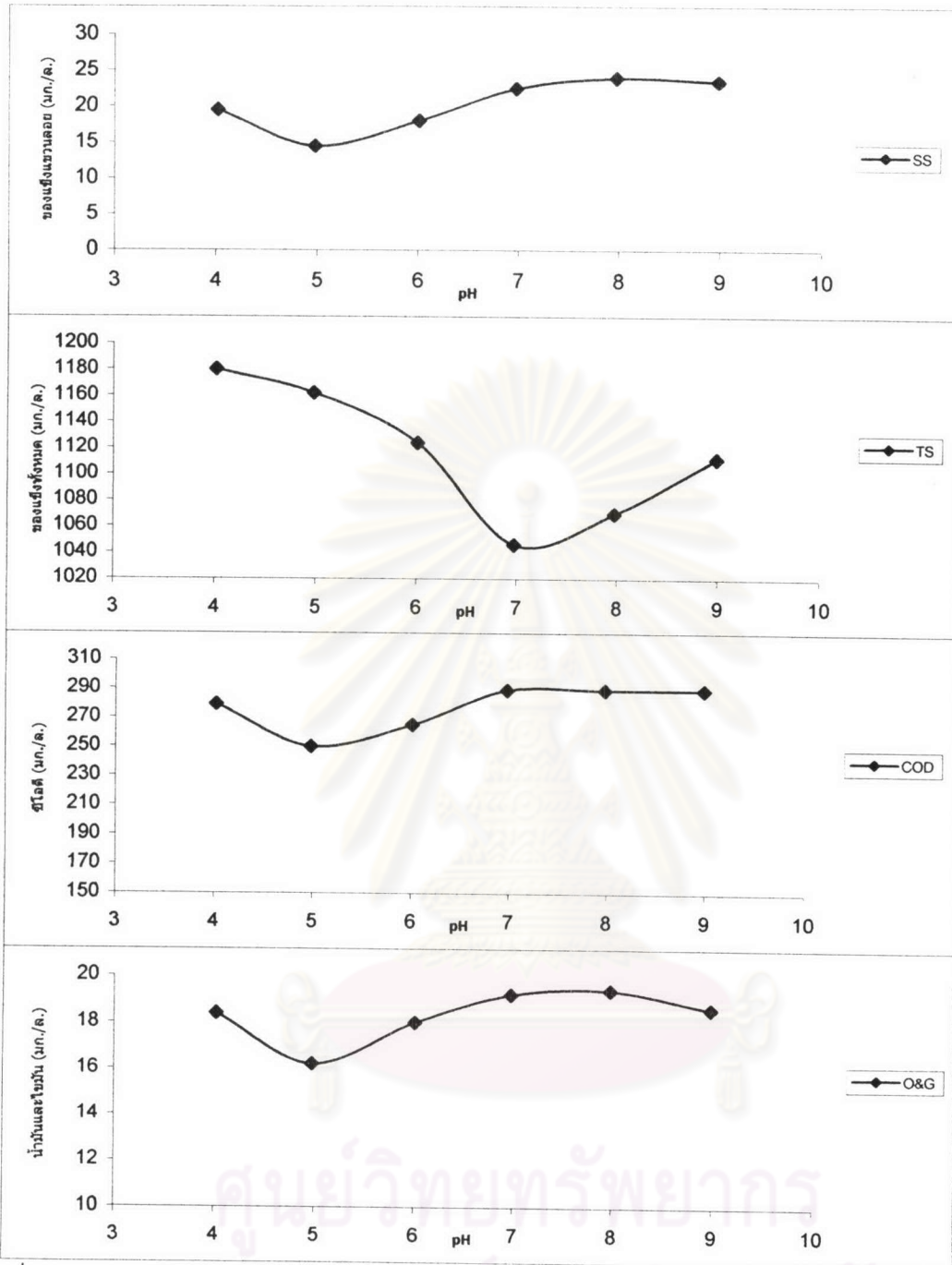
#### 4.2.2 การทดสอบหาปริมาณการใช้สารโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสม

การทดสอบหาปริมาณการใช้สารโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสม ซึ่งแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 การทดลอง ซึ่งสารโคแอกกูแลนต์ที่ใช้ในการทดลองนี้มี 2 ชนิด คือ สารส้มและโพลีเมอร์ประจุบวก

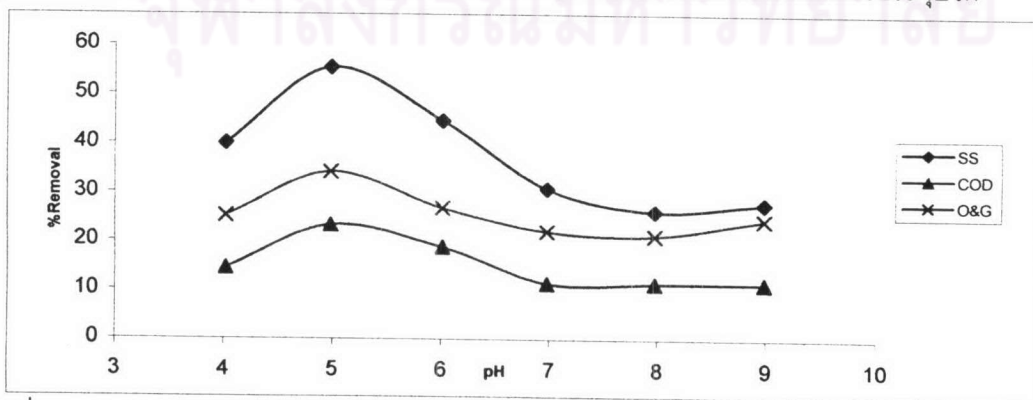
##### 4.2.2.1 การทดสอบหาปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม

การทดสอบทำการทดลองโดยใช้ชุดทดสอบจาร์เทสต์ โดยนำตัวอย่างน้ำเสียที่มีค่าของแข็งแขวนลอย ของแข็งทั้งหมด ซีโอดีและน้ำมันเท่ากับ 40.0 752 263 และ 22.2 มก./ล. ตามลำดับ มาเติมสารส้ม ปริมาณในช่วง 10 - 50 มก./ล. และทำการปรับพีเอชด้วยกรดซัลฟูริก โดยใช้ค่าพีเอชประมาณ 6 จากนั้นนำน้ำใสมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และคำนวณหาประสิทธิภาพในการกำจัดสารมลพิษสำหรับการใช้สารส้มในปริมาณต่าง ๆ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.4

จากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดสารมลพิษเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้สารส้มเมื่อใช้สารส้มในปริมาณมากกว่า 30 มก./ล. ประสิทธิภาพการบำบัดสารมลพิษเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เพราะฉะนั้นจึงเลือกปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมเท่ากับ 30 มก./ล. โดยประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับร้อยละ 78.8 ปริมาณของแข็งแขวนลอยคงเหลือเท่ากับ 8.5 มก./ล. ปริมาณของแข็งทั้งหมดคงเหลือเท่ากับ 798 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากับร้อยละ 38.8 ปริมาณซีโอดีคงเหลือเท่ากับ 161 มก./ล. และประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันเท่ากับร้อยละ 72.1 ปริมาณน้ำมันคงเหลือเท่ากับ 6.2 มก./ล. ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 ปริมาณสารมลพิษที่เหลือในการทดลองหาค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับโพลีเมอร์ประจุบวก



รูปที่ 4.4 ประสิทธิภาพการกำจัดสารมลพิษในการทดลองหาค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับโพลีเมอร์ประจุบวก

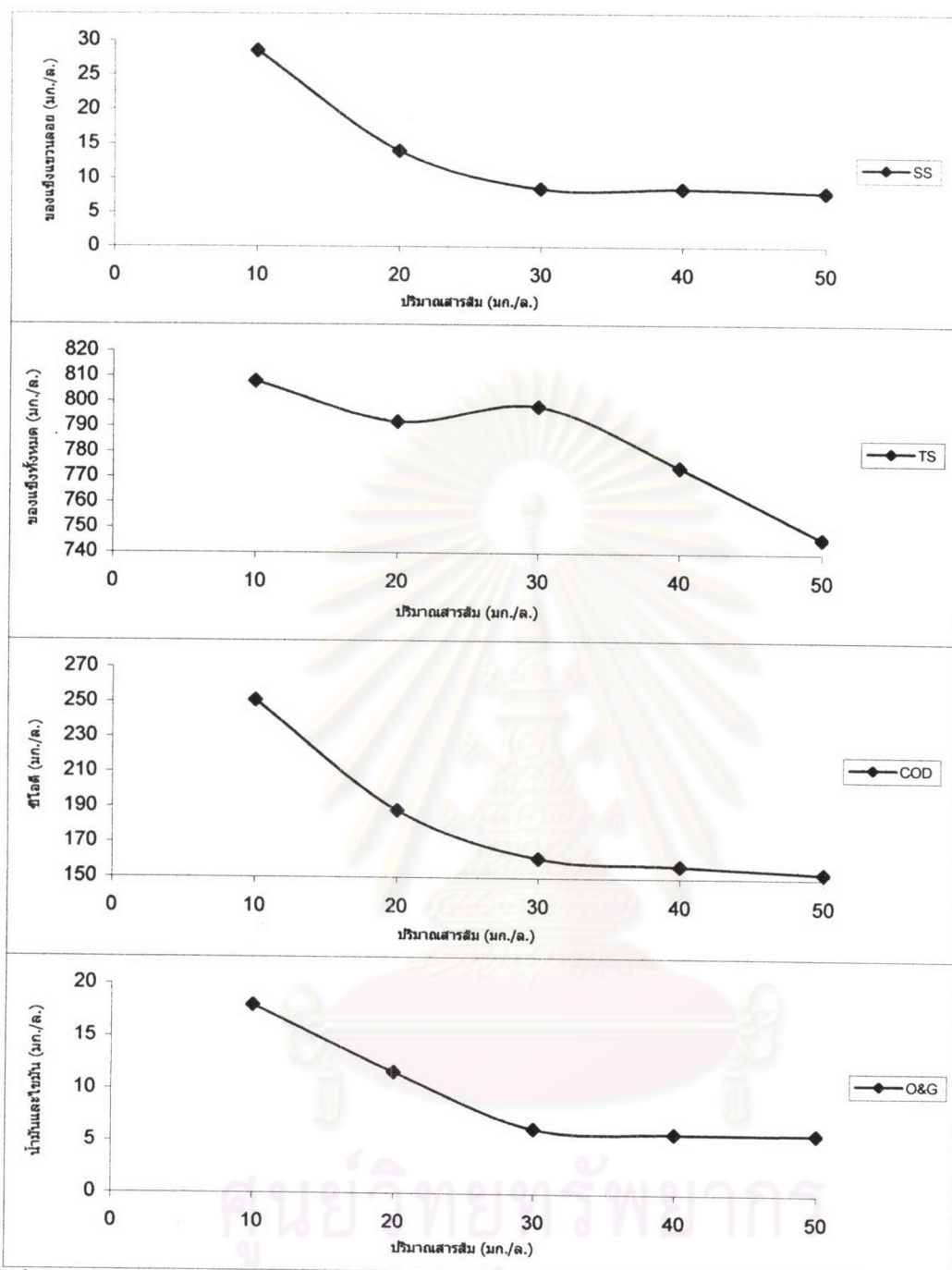
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองหาปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม

ปริมาณ สารส้ม (mg/l)	SS		TS		COD		O&G	
	mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal
10	28.5	28.8	808	-7.4	251	4.6	18	18.9
20	14.0	65.0	792	-5.3	188	28.5	11.6	47.7
30	8.5	78.8	798	-6.1	161	38.8	6.2	72.1
40	8.5	78.8	774	-2.9	157	40.3	5.8	73.9
50	8.0	80.0	746	0.8	153	41.8	5.8	73.9

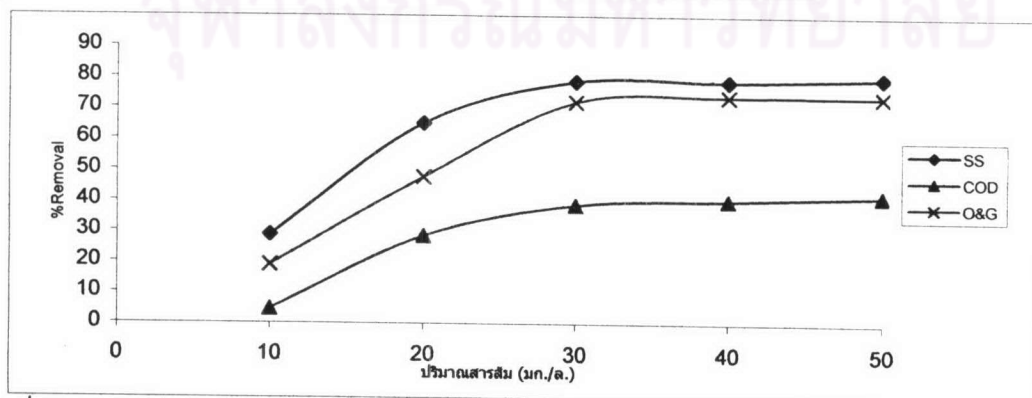
สำหรับกลไกโคแอกกูเลชันด้วยสารส้มนั้น สามารถทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ด้วยกลไก 2 แบบ คือ กลไกแบบดูดติดผิวและทำลายประจุ และกลไกแบบห่อหุ้มอนุภาคคอลลอยด์ด้วยผลึก  $Al(OH)_3$  สำหรับกลไกแบบดูดติดผิวและทำลายประจุนั้น เกิดขึ้นเนื่องจาก เมื่อเติมสารส้มลงไปจะเกิดการแตกเป็นอิออนคอมเพล็กซ์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งสามารถดูดติดบนผิวของอนุภาคคอลลอยด์ซึ่งมีประจุลบ โดยอิออนคอมเพล็กซ์ทำให้ค่าซีตาโพเทนเชียลเพิ่มขึ้นจนอำนาจของประจุลบของอนุภาคคอลลอยด์ลดลงหรือเป็นกลาง ทำให้อนุภาคคอลลอยด์สามารถเข้าใกล้กันได้มากขึ้น โดยค่าซีตาโพเทนเชียลที่เพิ่มขึ้นขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของสารส้มที่เติมลงไป (Shin และ Kim, 2001 ; Al-Shamrani และคณะ, 2002) เมื่อพีเอชเข้าใกล้ความเป็นกลาง สารประกอบผลึก  $Al(OH)_3$  เกิดขึ้น อนุภาคคอลลอยด์ที่มีค่าซีตาโพเทนเชียลใกล้เคียง 0 มิลลิโวลต์หรือเป็นกลางสัมผัสกับผลึก  $Al(OH)_3$  ก็ จะเกาะตัวจับอยู่กับผลึกนั้นและตกตะกอน เป็นการทำลายเสถียรภาพคอลลอยด์โดยกลไกแบบห่อหุ้มอนุภาค

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 4.5 ปริมาณสารมลพิษที่เหลือในการทดลองหาค่าปริมาณสารส้มที่เหมาะสม



รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพการกำจัดสารมลพิษในการทดลองหาค่าปริมาณสารส้มที่เหมาะสม

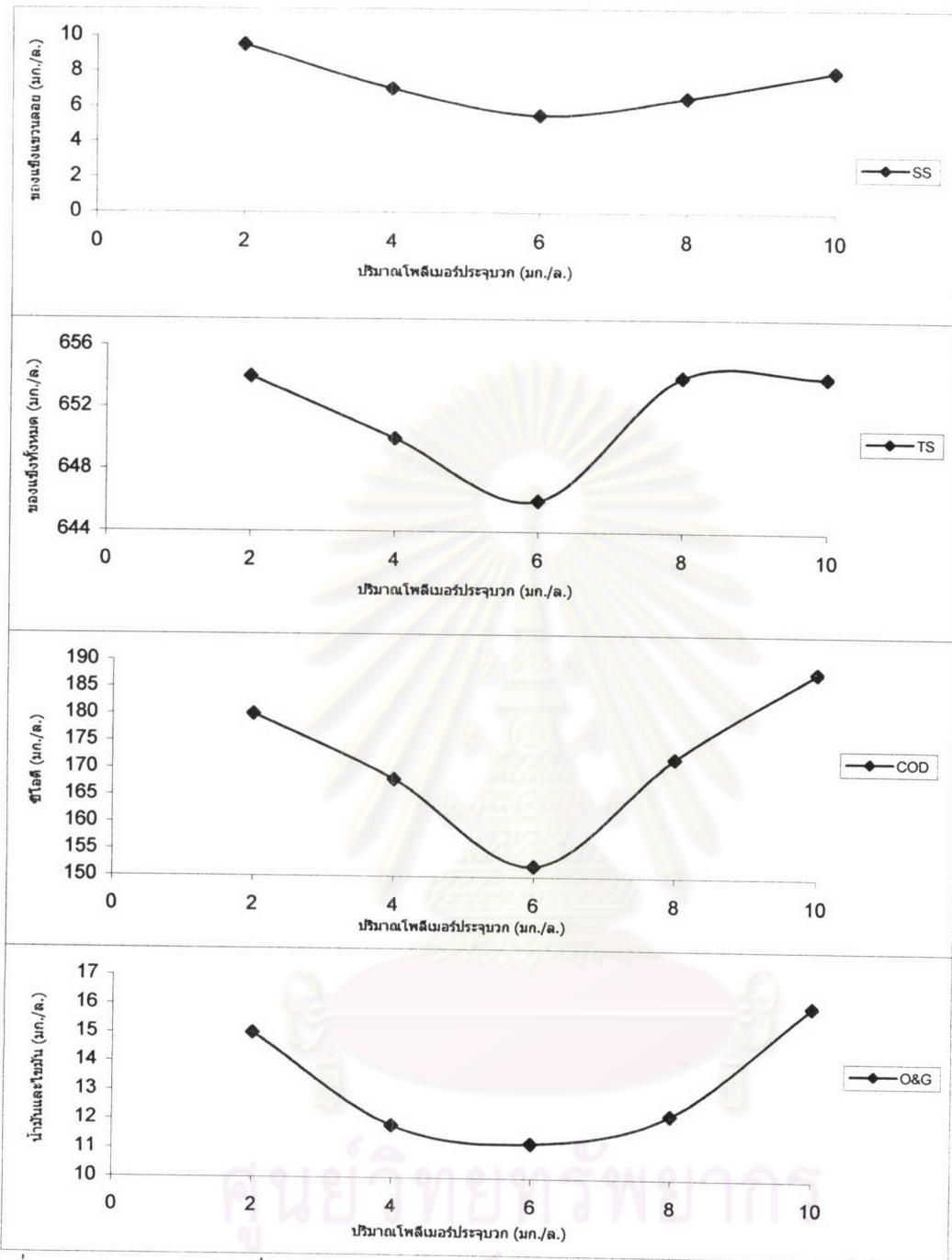
#### 4.2.2.2 การทดสอบหาค่าปริมาณการใช้โพลีเมอร์ประจุบวกที่เหมาะสม

การทดสอบทำการทดลองโดยใช้ชุดทดสอบจาร์เจสต์ นำตัวอย่างน้ำเสียที่มีค่าของแข็งแขวนลอย ของแข็งทั้งหมด ซีไอดีและน้ำมันเท่ากับ 12.5 662 220 และ 19.2 มก./ล. ตามลำดับ มาเติมสารโพลีเมอร์ประจุบวก ปริมาณในช่วง 2 - 10 มก./ล. และทำการปรับพีเอชด้วยกรดซัลฟูริก โดยใช้ค่าพีเอชประมาณ 5 จากนั้นนำน้ำใสมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และคำนวณหาประสิทธิภาพในการกำจัดสารมลพิษสำหรับการใช้โพลีเมอร์ประจุบวกในปริมาณต่าง ๆ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.5

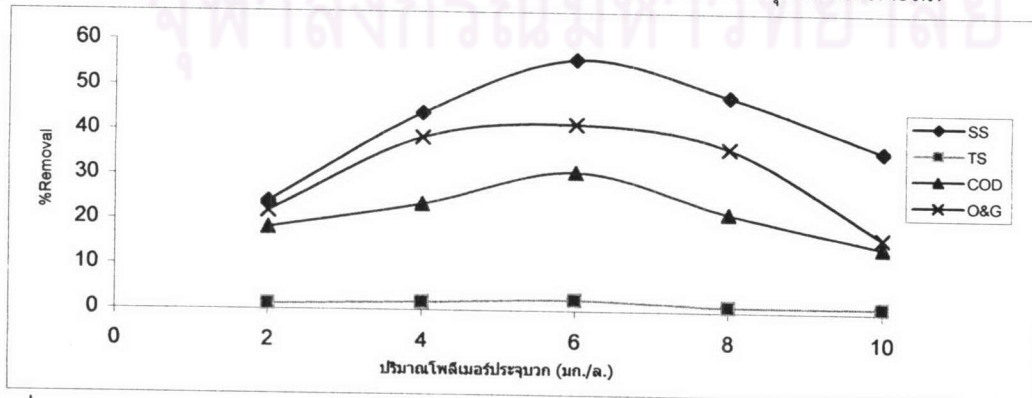
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองหาปริมาณการใช้โพลีเมอร์ประจุบวกที่เหมาะสม

ปริมาณ cat. (mg/l)	SS		TS		COD		O&G	
	mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal
2	9.5	24.0	654	1.2	180	18.2	15.0	21.9
4	7.0	44.0	650	1.8	168	23.6	11.8	38.5
6	5.5	56.0	646	2.4	152	30.9	11.2	41.7
8	6.5	48.0	654	1.2	172	21.8	12.2	36.5
10	8.0	36.0	654	1.2	188	14.5	16.0	16.7

จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้โพลีเมอร์ประจุบวกเป็นสารโคแอกกูแลนต์ ประสิทธิภาพการบำบัดสูงขึ้นตามปริมาณของโพลีเมอร์ประจุบวก แต่เมื่อใช้โพลีเมอร์ประจุบวกในปริมาณมากกว่า 6 มก./ล. ประสิทธิภาพการบำบัดสารมลพิษลดต่ำลง เพราะฉะนั้นจึงเลือกปริมาณการใช้โพลีเมอร์ประจุบวกที่เหมาะสมเท่ากับ 6 มก./ล. โดยประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับร้อยละ 56.0 ปริมาณของแข็งแขวนลอยคงเหลือเท่ากับ 5.5 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 2.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดคงเหลือเท่ากับ 646 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีเท่ากับร้อยละ 30.9 ปริมาณซีไอดีคงเหลือเท่ากับ 152 มก./ล. และประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันเท่ากับร้อยละ 41.7 ปริมาณน้ำมันคงเหลือเท่ากับ 11.2 มก./ล. ดังแสดงในรูปที่ 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 ปริมาณสารมลพิษที่เหลือในการทดลองหาค่าปริมาณโพลีเมอร์ประจุบวกที่เหมาะสม



รูปที่ 4.8 ประสิทธิภาพการกำจัดสารมลพิษในการทดลองหาค่าปริมาณโพลีเมอร์ประจุบวกที่เหมาะสม



สำหรับกลไกโคแอกกูเลชันด้วยโพลีเมอร์ประจุบวก สามารถทำลายเสถียรภาพคอลลอยด์โดยการดูดติดผิวและทำลายประจุ และกลไกการเป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างอนุภาคคอลลอยด์ เมื่อเติมโพลีเมอร์ประจุบวกซึ่งมีประจุบวกลงไป ทำให้ค่าซีตาโพเทนเชียลเพิ่มขึ้นจนอำนาจประจุลบของอนุภาคคอลลอยด์ลดลงหรือเป็นกลาง จากนั้นโพลีเมอร์ประจุบวกจะทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมเกาะจับกับอนุภาคคอลลอยด์หลาย ๆ ตัวทำให้คอลลอยด์สูญเสียเสถียรภาพ การเกาะติดเป็นผลจากแรงปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างโพลีเมอร์ประจุบวกกับอนุภาคคอลลอยด์ แต่เมื่อเติมโพลีเมอร์ประจุบวกมากเกินไปทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลง เนื่องจากอนุภาคคอลลอยด์กลับมามีเสถียรภาพอีกครั้งโดยโพลีเมอร์ประจุบวกสามารถทำให้อนุภาคคอลลอยด์เปลี่ยนจากประจุลบกลายเป็นประจุบวกได้ (Al-Shamrani และคณะ, 2002) ทำให้โพลีเมอร์ประจุบวกกับอนุภาคคอลลอยด์มีประจุชนิดเดียวกัน ประสิทธิภาพการเกาะติดกันลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลงตามไปด้วย

#### 4.2.3 การทดสอบหาปริมาณการใช้สารโคแอกกูแลนต์ร่วมกับฟลอคคูแลนต์เฮดที่เหมาะสม

การทดสอบทำการทดลองโดยใช้ชุดทดสอบจาร์เทสต์ นำตัวอย่างน้ำเสียที่มีค่าของแข็งแขวนลอย ของแข็งทั้งหมด ซีโอดีและน้ำมันเท่ากับ 38.5 768 220 และ 22.6 มก./ล. ตามลำดับ มาเติมสารโคแอกกูแลนต์คือ สารส้มปริมาณเท่ากับ 20 มก./ล. และเติมฟลอคคูแลนต์เฮดคือโพลีเมอร์ประจุลบ ปริมาณในช่วง 0.1 - 2 มก./ล. และทำการปรับพีเอชด้วยกรดซัลฟูริก โดยใช้ค่าพีเอชประมาณ 6 จากนั้นนำน้ำใสมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และคำนวณหาประสิทธิภาพในการกำจัดสารมลพิษสำหรับการใช้โพลีเมอร์ประจุลบในปริมาณต่าง ๆ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองหาปริมาณการใช้สารส้มกับโพลีเมอร์ประจุลบที่เหมาะสม

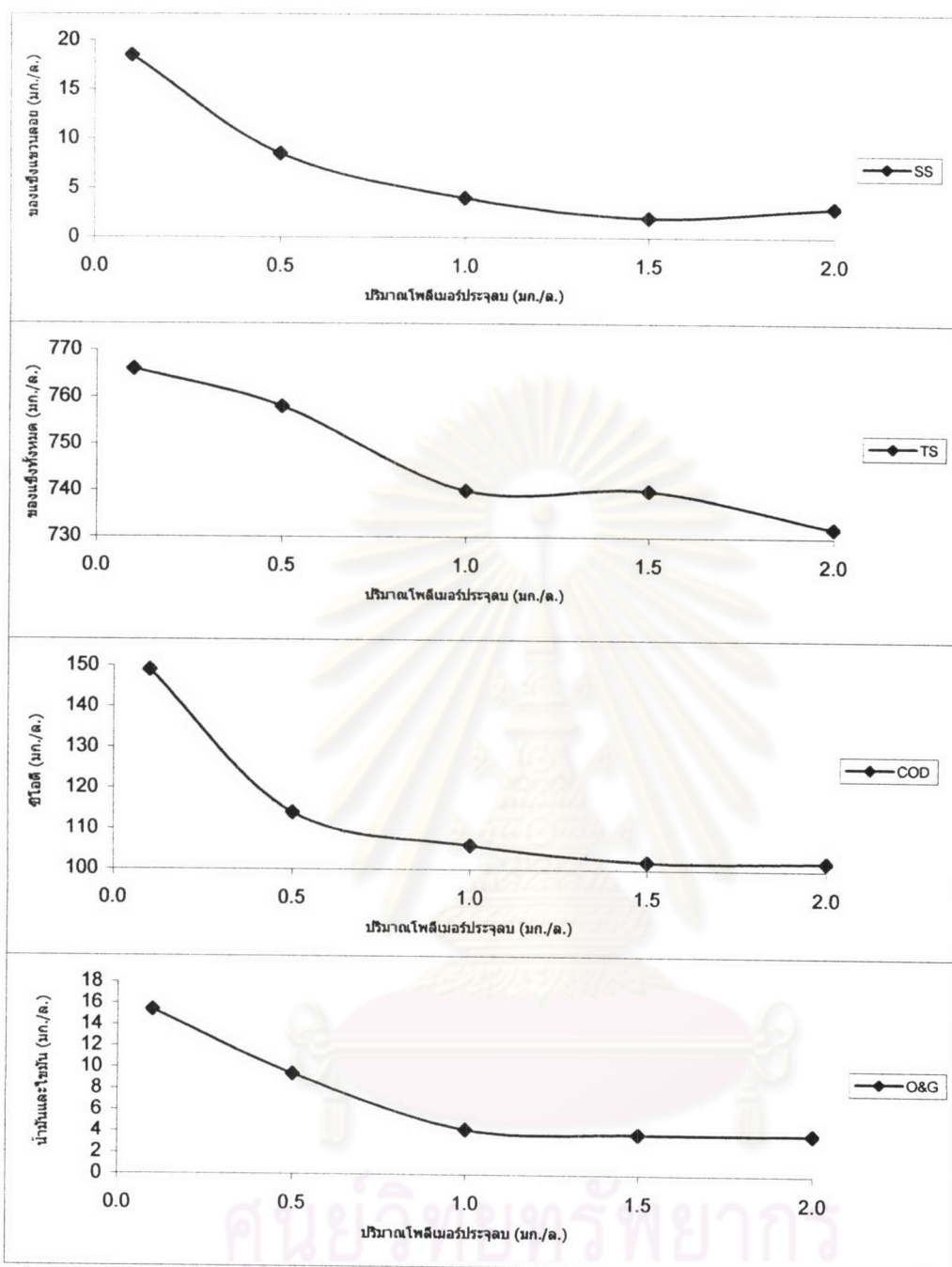
สารส้ม (mg/l)	Anionic (mg/l)	SS		TS		COD		O&G	
		mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal
20	0.1	18.5	51.9	766	0.3	149	32.3	15.4	31.9
20	0.5	8.5	77.9	758	1.3	114	48.2	9.4	58.4
20	1.0	4.0	89.6	740	3.6	106	51.8	4.2	81.4
20	1.5	2.0	94.8	740	3.6	102	53.6	3.8	83.2
20	2.0	3.0	92.2	732	4.7	102	53.6	3.8	83.2

จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้สารส้มปริมาณเท่ากับ 20 มก./ล. และเติมฟลอคคูแลนท์เอดคือ โพลีเมอร์ประจุลบ ปริมาณเท่ากับ 1 มก./ล. มีความเหมาะสมที่สุด โดยประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับร้อยละ 89.6 ปริมาณของแข็งแขวนลอยคงเหลือเท่ากับ 4.0 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 3.6 ปริมาณของแข็งทั้งหมดคงเหลือเท่ากับ 740 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากับร้อยละ 51.8 ปริมาณซีโอดีคงเหลือเท่ากับ 106 มก./ล. และประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันเท่ากับร้อยละ 81.4 ปริมาณน้ำมันคงเหลือเท่ากับ 4.2 มก./ล. ดังแสดงในรูปที่ 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ

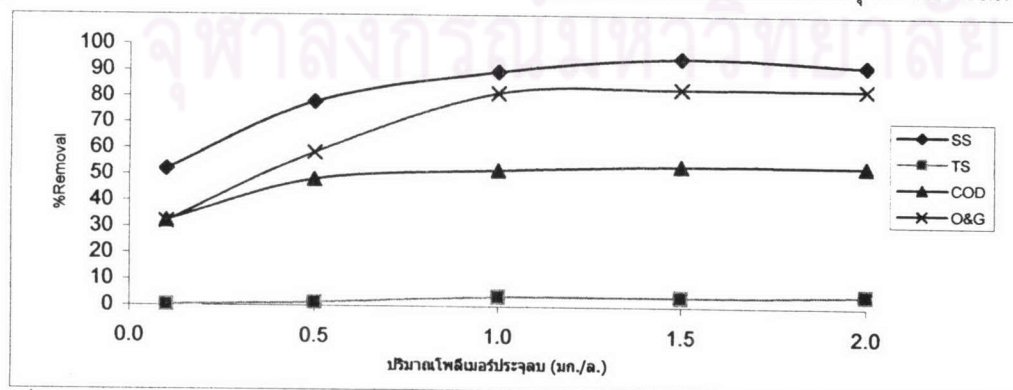
กลไกโคแอกกูเลชันโดยใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนท์ และโพลีเมอร์ประจุลบเป็นฟลอคคูแลนท์เอด ประกอบด้วยกลไกโคแอกกูเลชันด้วยสารส้ม สามารถอธิบายได้เช่นเดียวกับการทดลอง 4.2.2.1 ซึ่งการทำลายเสถียรภาพคอลลอยด์สามารถอธิบายด้วยกลไก 2 แบบ คือ การดูดติดผิวและทำลายประจุ และกลไกแบบห่อหุ้มอนุภาคคอลลอยด์ด้วยผลึก  $Al(OH)_3$  จากนั้นโพลีเมอร์ประจุลบ จะทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมเกาะจับกับฟลอคหลาย ๆ ตัวทำให้ฟลอคมีขนาดใหญ่สามารถตกตะกอนได้ง่าย

#### 4.2.4 สรุปผลการทดลองโดยใช้กระบวนการโคแอกกูเลชัน

จากผลการทดลองเมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดของทั้ง 3 การทดลองพบว่า การใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ประจุลบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด รองลงมาคือ สารส้ม และประสิทธิภาพการบำบัดต่ำสุดคือโพลีเมอร์ประจุบวกดังแสดงในตารางที่ 4.7 การใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ประจุลบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด เนื่องจากการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียว นั้นฟลอคที่เกิดขึ้นบางส่วนมีขนาดเล็กแขวนลอยอยู่ในน้ำและต้องใช้เวลาในการตกตะกอน เมื่อใช้โพลีเมอร์ประจุลบช่วยทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมเกาะจับกับฟลอคหลาย ๆ ตัว จนทำให้ฟลอคมีขนาดใหญ่ขึ้นและสามารถตกตะกอนได้ง่าย ประสิทธิภาพการบำบัดจึงสูงกว่าการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียว ส่วนโพลีเมอร์ประจุบวกมีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำสุด เนื่องจากลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่มีซัลไฟด์และไฮโดรซัลไฟด์เป็นตัวรบกวนที่สำคัญในการใช้โพลีเมอร์ประจุบวกเป็นสารโคแอกกูแลนท์ โดยซัลไฟด์จะทำปฏิกิริยากับโพลีเมอร์ประจุบวก ปรากฏอยู่ในรูปซัลไฟด์ที่มีพันธะโควาเลนต์อย่างแรง กับ Cationic functional group ส่งผลให้อำนาจของประจุลดต่ำลง นอกจากนี้แอนไอออนอื่น ๆ เช่น ฟีนอลและคลอไรด์อาจจะทำให้ประสิทธิภาพของโพลีเมอร์ประจุบวกลดต่ำลงด้วย (Galil และ Wolf, 2001)



รูปที่ 4.9 ปริมาณสารมลพิษที่เหลือในการทดลองหาค่าปริมาณสารสัมพันธ์กับโพลีเมอร์ประจุลบที่เหมาะสม



รูปที่ 4.10 ประสิทธิภาพการกำจัดสารมลพิษในการทดลองหาค่าปริมาณสารสัมพันธ์กับโพลีเมอร์ประจุลบที่เหมาะสม



ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดโดยกระบวนการโคแอกกูเลชัน

พารามิเตอร์	ประสิทธิภาพการกำจัด (%)		
	สารส้ม	โพลีเมอร์ประจุบวก	สารส้มและโพลีเมอร์ประจุลบ
ของแข็งแขวนลอย	78.8	56.0	89.6
ของแข็งทั้งหมด	-6.1	2.4	3.6
ซีไอดี	38.8	30.9	51.8
น้ำมันและไขมัน	72.1	41.7	81.4

#### 4.3 การทดลองโดยใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับกระบวนการ DAF

การทดลองในขั้นตอนนี้ได้แบ่งการพิจารณาเป็น 5 กลุ่มการทดลอง ประกอบด้วย

- 1) การทดสอบหาค่าความดันที่เหมาะสม
- 2) การทดสอบหาความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศที่เหมาะสม
- 3) การทดสอบหาปริมาณการใช้สารโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสมร่วมกับกระบวนการ DAF
- 4) การทดสอบหาปริมาณการใช้สารโคแอกกูแลนต์กับฟลอคคูแลนต์เอดที่เหมาะสมร่วมกับกระบวนการ DAF
- 5) การทดสอบหาค่าภาระทางชลศาสตร์ที่เหมาะสมโดย DAF แบบ Coaxial DAF Column

##### 4.3.1 การทดสอบหาค่าความดันที่เหมาะสม

การทดสอบทำการทดลองแบบแบดซ์ โดยนำน้ำตัวอย่างที่มีค่าของแข็งแขวนลอยของแข็งทั้งหมด ซีไอดีและน้ำมันเท่ากับ 19.0 958 176 และ 13.8 มก./ล. ตามลำดับ มาเติมสารส้มปริมาณเท่ากับ 20 มก./ล. และปรับพีเอชเท่ากับ 6 หลังจากนั้นนำน้ำตัวอย่างมาทดสอบกับชุดทดสอบ DAF โดยใช้ความดันอัดอากาศในช่วง 2 - 6 บาร์ โดยทั่วไปการออกแบบระบบ DAF จะใช้ค่าอัตราส่วนปริมาณอากาศที่ละลายน้ำต่อปริมาณน้ำมัน (A/S) ในการทดลอง แต่เนื่องจากปริมาณน้ำมันในน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมีค่าค่อนข้างต่ำ ทำให้ค่าอัตราส่วนปริมาณอากาศที่ละลายน้ำต่อปริมาณน้ำมัน สูงกว่าค่าที่ใช้สำหรับการออกแบบ DAF อยู่มาก ดังนั้นในการทดลองจึงได้กำหนดให้ใช้ค่าความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศประมาณ 9 ล./ลบ.ม. ทั้งนี้จะต้องรักษาค่าความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศให้มีค่าคงที่สำหรับในแต่ละค่าความดันที่ใช้ในการทดลอง และจากสมการที่

2.1 2.2 และ 2.3 สามารถคำนวณค่าปริมาณน้ำเวียนกลับในแต่ละความดันเพื่อใช้ในการทดลอง (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก) จากนั้นนำน้ำใสมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และคำนวณหาประสิทธิภาพในการกำจัดสารมลพิษสำหรับค่าความดันต่าง ๆ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ

จากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดสารมลพิษโดยกระบวนการ DAF จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อใช้ค่าความดันอัดอากาศเพิ่มขึ้น โดยประสิทธิภาพสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อใช้ความดันอัดอากาศมากกว่า 5 บาร์ เพราะฉะนั้นความดันอัดอากาศเท่ากับ 5 บาร์ จึงมีความเหมาะสมที่สุด โดยประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับร้อยละ 52.7 ปริมาณของแข็งแขวนลอยคงเหลือเท่ากับ 8.0 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 4.6 ปริมาณของแข็งทั้งหมดคงเหลือเท่ากับ 904 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากับร้อยละ 27.4 ปริมาณซีโอดีคงเหลือเท่ากับ 120 มก./ล. และประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันเท่ากับร้อยละ 34.2 ปริมาณน้ำมันคงเหลือเท่ากับ 8.4 มก./ล.

จากผลการทดลองสามารถอธิบายด้วยสมการที่ 2.5 หรือ สมการ SCCE ( $\eta_T$ ) กล่าวถึงกลไกการชนกันระหว่างอนุภาคกับฟองอากาศประกอบด้วย การแพร่ ( $\eta_D$ ) การดัก ( $\eta_I$ ) การตกตะกอนด้วยแรงโน้มถ่วง ( $\eta_G$ ) และแรงเฉื่อย ( $\eta_{TA}$ ) เนื่องจากอนุภาคที่ได้จากกระบวนการโคแอกกูเลชันจะมีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน ดังนั้นค่า SCCE จะขึ้นอยู่กับการดักเป็นสำคัญ(รูปที่ 2.2) จากสมการที่ 2.7

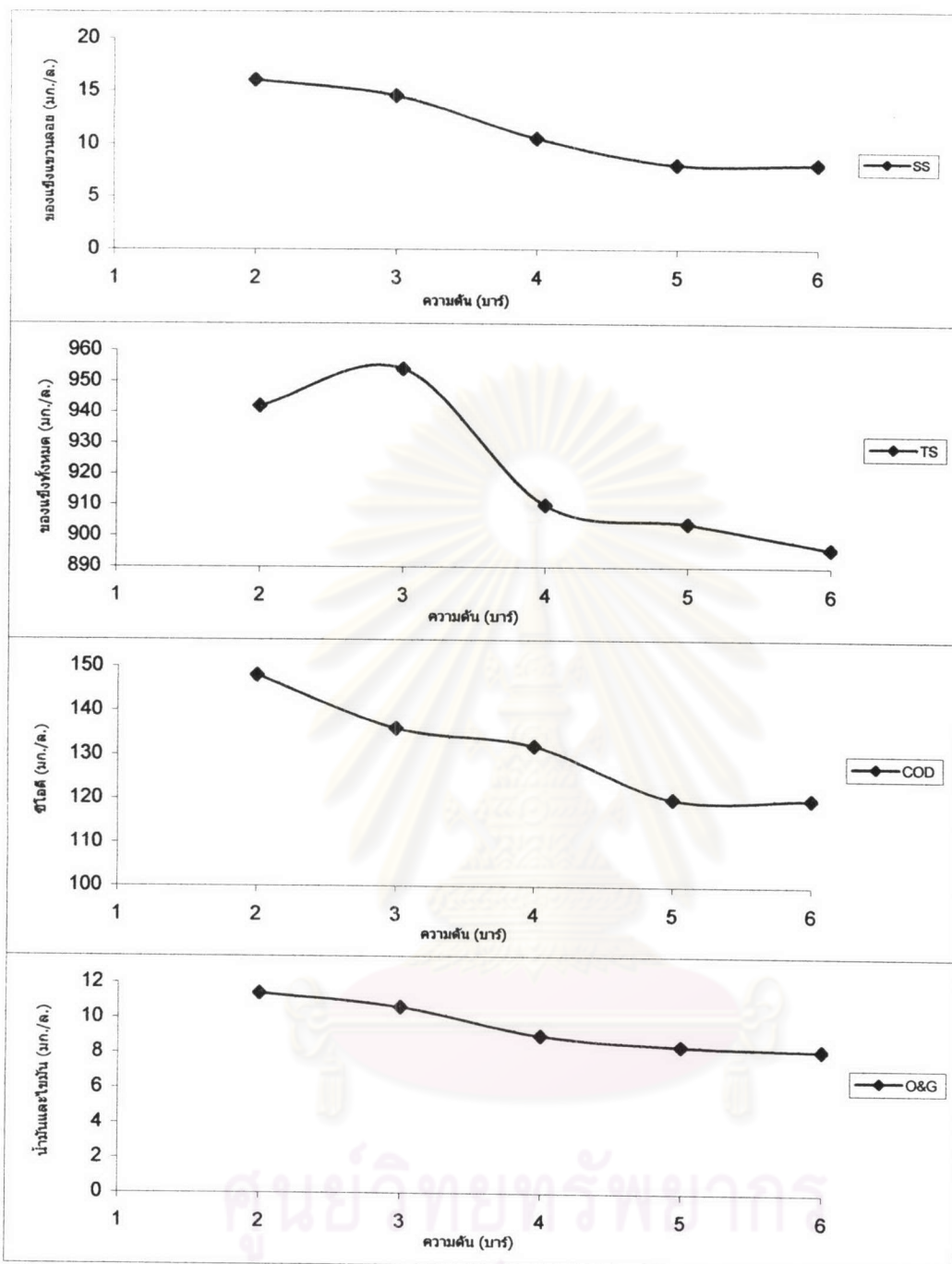
$$\eta_I = 3/2(d_p/d_b)^2 \quad (2.7)$$

พบว่าประสิทธิภาพการชนกันเนื่องจากการดักจะขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคและฟองอากาศ เมื่อพิจารณาในส่วนของขนาดของฟองอากาศ ฟองอากาศขนาดเล็กจะทำให้ประสิทธิภาพการชนกันเพิ่มขึ้น ในขณะที่เมื่อเพิ่มความดันที่ใช้ในการอัดอากาศจะทำให้ฟองอากาศมีขนาดเล็กลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพการบำบัดสูงขึ้น แต่เนื่องจากค่าความดันอัดอากาศมากกว่า 500 กิโลปาสคาล ทำให้ขนาดของฟองอากาศมีขนาดลดลงเล็กน้อย(รูปที่ 2.3) ดังนั้นประสิทธิภาพการบำบัดจึงสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และจากงานวิจัยของ Komanic (1974 : อ้างถึงใน Leininger, 1975) พบว่าเมื่อใช้ความดันสูงเกินไป ฟองอากาศที่เกิดขึ้นจะลอยผ่านอนุภาคขึ้นไปโดยไม่เกาะติดหรือพาอนุภาคแยกออกไปด้วย

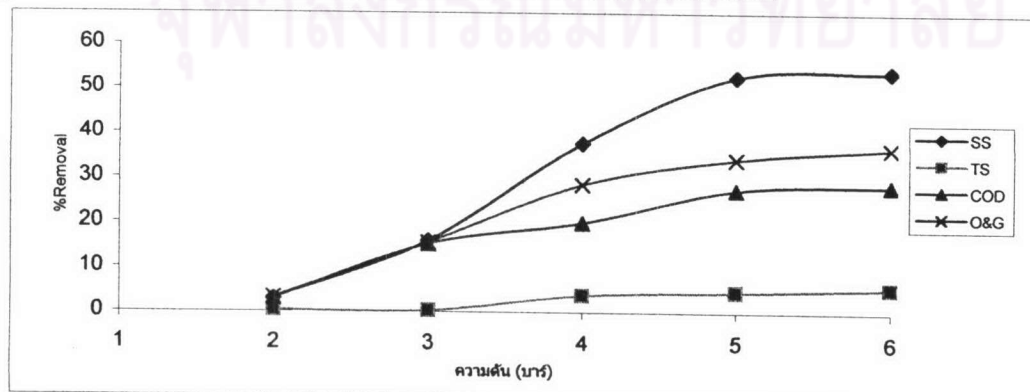
ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองหาค่าความดันที่เหมาะสม

ปริมาณสารส้ม (mg/l)	ความดัน (บาร์)	Recycle (%)	$\phi_b$ (l/m <sup>3</sup> )	SS		TS		COD		O&G	
				mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal
20	2	84	9	16.0	2.9	942	0.3	148	2.9	11.4	3.3
20	3	39	9	14.5	15.9	954	0.3	136	15.2	10.6	15.6
20	4	25	9	10.5	37.8	910	3.8	132	20.0	9.0	28.6
20	5	19	9	8.0	52.7	904	4.6	120	27.4	8.4	34.2
20	6	15	9	8.0	53.9	896	5.6	120	28.4	8.2	36.7





รูปที่ 4.11 ปริมาณสารมลพิษที่เหลือในการทดลองหาค่าความขุ่นที่เหมาะสม



รูปที่ 4.12 ประสิทธิภาพการกำจัดสารมลพิษในการทดลองหาค่าความขุ่นที่เหมาะสม

#### 4.3.2 การทดสอบหาความเข้มข้นของปริมาณฟองอากาศที่เหมาะสม

การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง

1) การทดสอบแบบไม่ใช้สารโคแอกกูแลนท์ (ชุดควบคุม) ทำการทดลองแบบแบตช์ โดยการนำน้ำตัวอย่างมาทดสอบกับชุดทดสอบ DAF โดยใช้ความดันอัดอากาศเท่ากับ 5 บาร์ และใช้ค่าความเข้มข้นของปริมาณฟองอากาศในช่วง 5 - 13 ล./ลบ.ม. คำนวณค่าปริมาณน้ำเวียนกลับในแต่ละความเข้มข้นของปริมาณฟองอากาศเพื่อใช้ในการทดลอง จากนั้นนำน้ำใส่ที่ผ่านการบำบัดนำมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และคำนวณหาประสิทธิภาพในการกำจัดสารมลพิษสำหรับค่าความเข้มข้นของปริมาณฟองอากาศต่าง ๆ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.9

2) การทดสอบแบบใช้สารโคแอกกูแลนท์ ทำการทดลองแบบแบตช์ โดยการนำน้ำตัวอย่างมาทำโคแอกกูแลนต์ด้วยสารส้มปริมาณเท่ากับ 20 มก./ล. หลังจากนั้นนำน้ำตัวอย่างมาทดสอบกับชุดทดสอบ DAF โดยใช้ความดันอัดอากาศเท่ากับ 5 บาร์ และใช้ค่าความเข้มข้นของปริมาณฟองอากาศในช่วง 5 - 13 ล./ลบ.ม. จากนั้นนำน้ำใสมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และคำนวณหาประสิทธิภาพในการกำจัดสารมลพิษสำหรับค่าความเข้มข้นของปริมาณฟองอากาศต่าง ๆ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองหาค่าความเข้มข้นของปริมาณฟองอากาศที่เหมาะสม (ชุดควบคุม)

Recycle (%)	$\phi_b$ (l/m <sup>3</sup> )	SS		TS		COD		O&G	
		mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal
10	5	20.0	6.3	876	2.6	360	4.8	26.2	7.0
14	7	18.0	14.3	868	3.3	345	8.0	23.6	14.9
19	9	16.5	19.7	860	3.8	325	12.1	20.8	22.8
23	11	15.5	23.0	850	4.5	310	14.8	19.8	25.1
29	13	15.0	23.5	846	4.5	310	13.8	19.4	24.8

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองหาค่าความเข้มข้นของปริมาณฟองอากาศที่เหมาะสม  
โดยใช้สารโคแอกกูแลนต์

ปริมาณ สารส้ม (mg/l)	Recycle (%)	$\phi_b$ (l/m <sup>3</sup> )	SS		TS		COD		O&G	
			mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal
20	10	5	20.0	22.6	802	2.8	320	18.4	23.2	22.8
20	14	7	15.5	37.9	788	4.2	285	25.8	18.6	36.1
20	19	9	9.0	61.2	780	4.7	245	33.9	10.8	60.0
20	23	11	7.5	66.1	766	5.9	240	33.9	9.2	64.4
20	29	13	7.0	66.4	760	6.0	240	32.1	8.8	64.0

จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความเข้มข้นของปริมาณฟองอากาศเพิ่มขึ้นในทั้ง 2 การทดลอง โดยค่าความเข้มข้นของปริมาณฟองอากาศที่มากกว่า 11 ล./ลบ.ม. ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย เพราะฉะนั้นค่าความเข้มข้นของปริมาณฟองอากาศ 11 ล./ลบ.ม. จึงมีความเหมาะสมที่สุด ซึ่งการทดลองหาค่าความเข้มข้นของปริมาณฟองอากาศ (ชุดควบคุม) มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับร้อยละ 23.0 ปริมาณของแข็งแขวนลอยคงเหลือเท่ากับ 15.5 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 4.5 ปริมาณของแข็งทั้งหมดคงเหลือเท่ากับ 850 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากับร้อยละ 14.8 ปริมาณซีโอดีคงเหลือเท่ากับ 310 มก./ล. และประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันเท่ากับร้อยละ 25.1 ปริมาณน้ำมันคงเหลือเท่ากับ 19.8 มก./ล.

สำหรับการทดลองหาค่าความเข้มข้นของปริมาณฟองอากาศที่เหมาะสม โดยใช้สารโคแอกกูแลนต์ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับร้อยละ 66.1 ปริมาณของแข็งแขวนลอยคงเหลือเท่ากับ 7.5 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 5.9 ปริมาณของแข็งทั้งหมดคงเหลือเท่ากับ 766 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากับร้อยละ 33.9 ปริมาณซีโอดีคงเหลือเท่ากับ 240 มก./ล. และประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันเท่ากับร้อยละ 64.4 ปริมาณน้ำมันคงเหลือเท่ากับ 9.2 มก./ล. ดังแสดงในรูปที่ 4.13 และ 4.14 ตามลำดับ



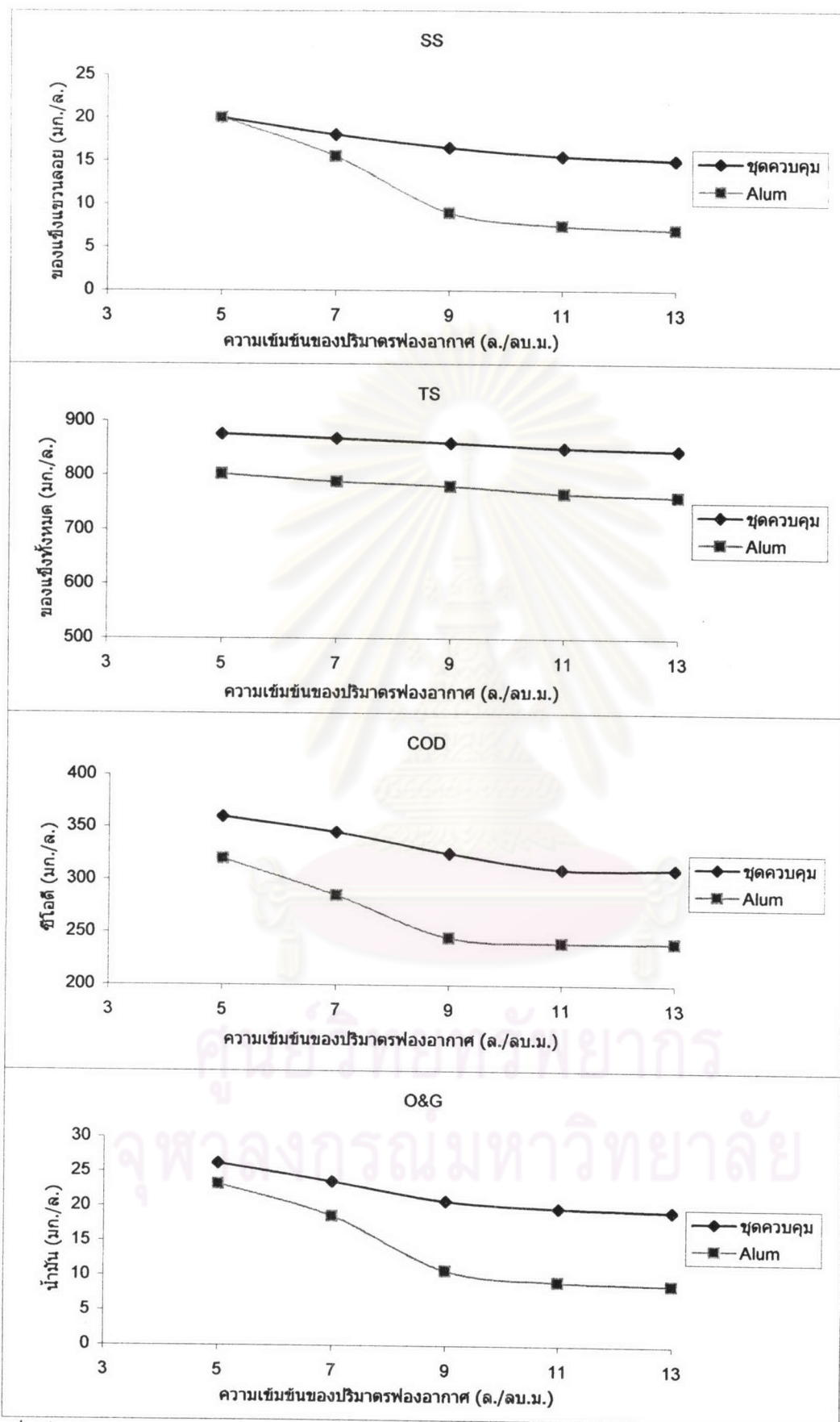
จากผลการทดลองสามารถอธิบายได้ตามสมการที่ 2.10 กล่าวถึงสัดส่วนของอนุภาคที่ติดกับฟองอากาศ

$$X = \frac{N_{pi} - N_{pe}}{N_{pi}} = 1 - \exp\left(-1 \frac{\alpha_{pb} \eta_T d_b \tau \phi_b}{12 v}\right) \quad (2.10)$$

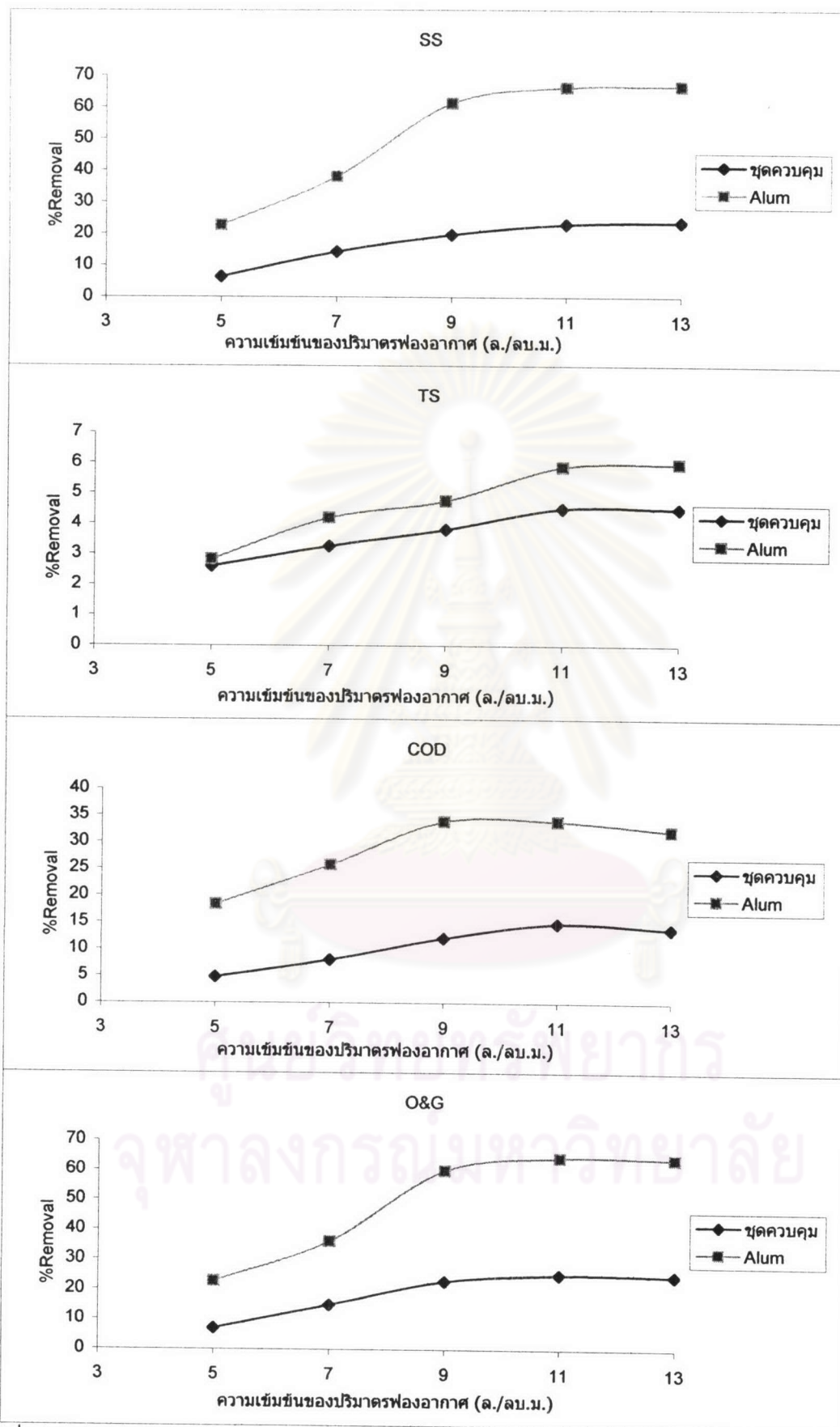
โดยสัดส่วนของอนุภาคที่ติดกับฟองอากาศขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศ ( $\phi_b$ ) เมื่อค่าความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศเพิ่มขึ้น ทำให้โอกาสที่ฟองอากาศกับอนุภาคเกิดการชนกันมีมากขึ้น จึงทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดสูงขึ้น

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดลองทั้ง 2 กรณี ระหว่างการใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับ DAF และชุดควบคุม พบว่าการใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับ DAF มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงกว่าชุดควบคุม เนื่องจากอนุภาคคอลลอยด์มีขนาดเล็กกว่าทำให้โอกาสการชนกันระหว่างฟองอากาศกับอนุภาคคอลลอยด์ค่อนข้างน้อย ประกอบกับฟองอากาศกับอนุภาคคอลลอยด์มีประจุลบเหมือนกันทำให้ประสิทธิภาพการชนกันและเกาะติดกันต่ำ และจากงานวิจัยของ Han และคณะ (2001) พบว่า ประสิทธิภาพการติดกันของอนุภาคกับฟองอากาศ ( $\alpha_{pb}$ ) เพิ่มขึ้นเมื่อค่าซีตาโพเทนเชียลใกล้เคียง 0 มิลลิโวลต์ ซึ่งกระบวนการโคแอกกูเลชันทำให้ค่าซีตาโพเทนเชียลเพิ่มขึ้นจนมีค่าเข้าใกล้ 0 มิลลิโวลต์หรือเป็นกลาง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Abo El-Ela และ Moursy (1982) โดยประสิทธิภาพการบำบัดจากการปรับอัตราความเร็วกลับเพียงอย่างเดียวอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งประสิทธิภาพการบำบัดอยู่ในช่วงร้อยละ 5 - 25 จึงจำเป็นต้องเติมสารโคแอกกูแลนท์ลงไปเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.13 ปริมาณสารมลพิษที่เหลือในการทดลองหาค่าความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศที่เหมาะสม



รูปที่ 4.14 ประสิทธิภาพการกำจัดสารมลพิษในการทดลองหาค่าความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศที่เหมาะสม



#### 4.3.3 การทดสอบหาปริมาณการใช้สารโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสมร่วมกับ กระบวนการ DAF

การทดสอบหาค่าปริมาณการใช้สารโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสม เมื่อใช้สารโคแอกกูแลนต์ร่วมกับกระบวนการ DAF แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง ประกอบด้วย

- 1) การทดสอบหาค่าปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสม
- 2) การทดสอบหาค่าปริมาณการใช้สารโพลีเมอร์ประจุบวกที่เหมาะสม

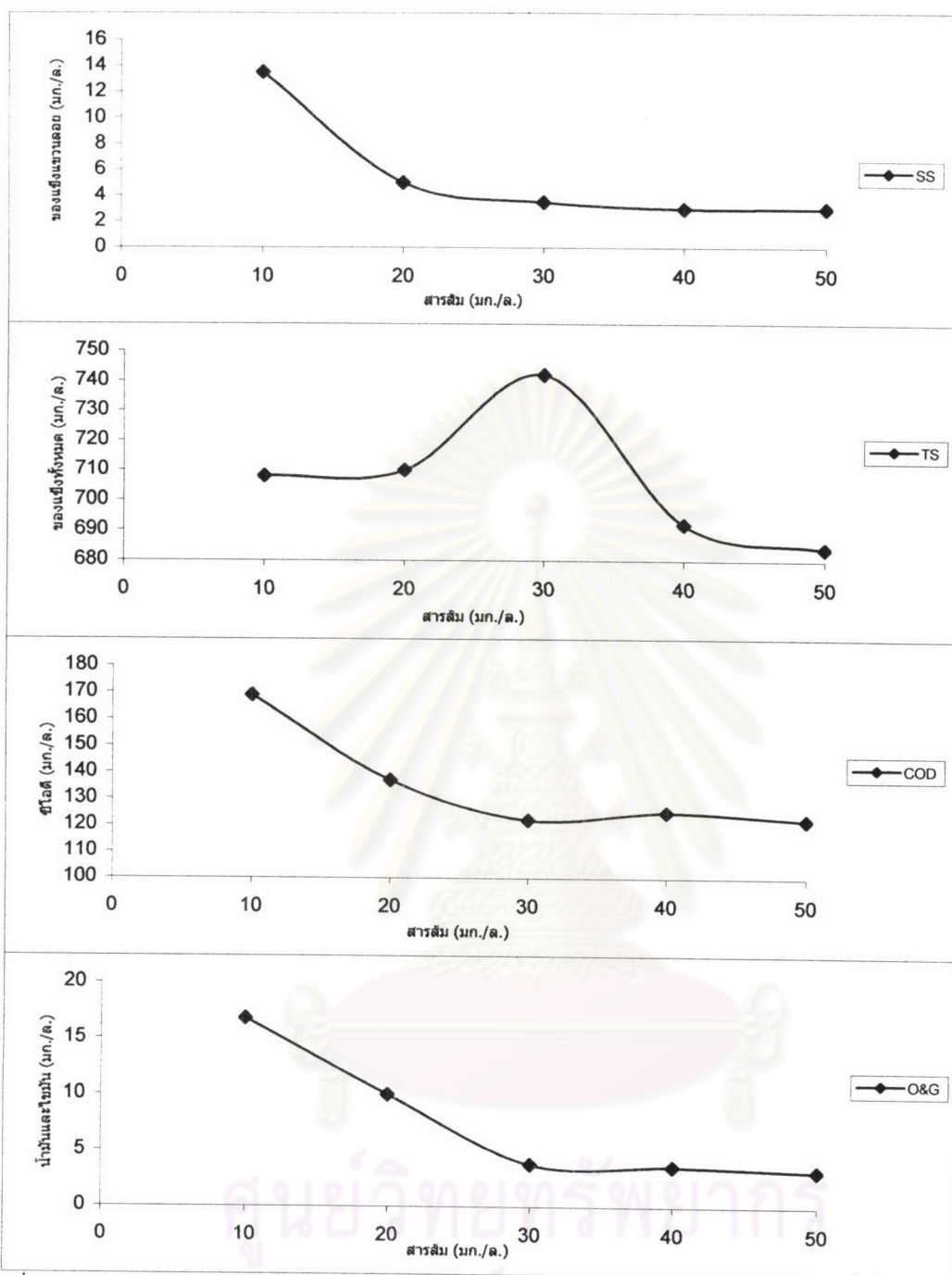
##### 4.3.3.1 การทดสอบหาค่าปริมาณการใช้สารส้มที่เหมาะสมร่วมกับกระบวนการ DAF

การทดสอบทำการทดลองแบบแบตช์ โดยนำน้ำตัวอย่างที่มีค่าของแข็งแขวนลอย ของแข็งทั้งหมด ซีโอดีและน้ำมันเท่ากับ 27.0 776 231 และ 28.6 มก./ล. ตามลำดับ มาเติมสารส้ม ปริมาณในช่วง 10 - 50 มก./ล. ปรับพีเอชเท่ากับ 6 หลังจากนั้นนำน้ำตัวอย่างมาทดลองกับชุดทดสอบ DAF โดยใช้ความดันอัดอากาศเท่ากับ 5 บาร์ ใช้ค่าความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศเท่ากับ 11 ล./ลบ.ม. จากนั้นนำน้ำใสหลังการทดลองมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และคำนวณหาประสิทธิภาพในการกำจัดสารมลพิษสำหรับปริมาณการใช้สารส้มที่ค่าต่าง ๆ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.11

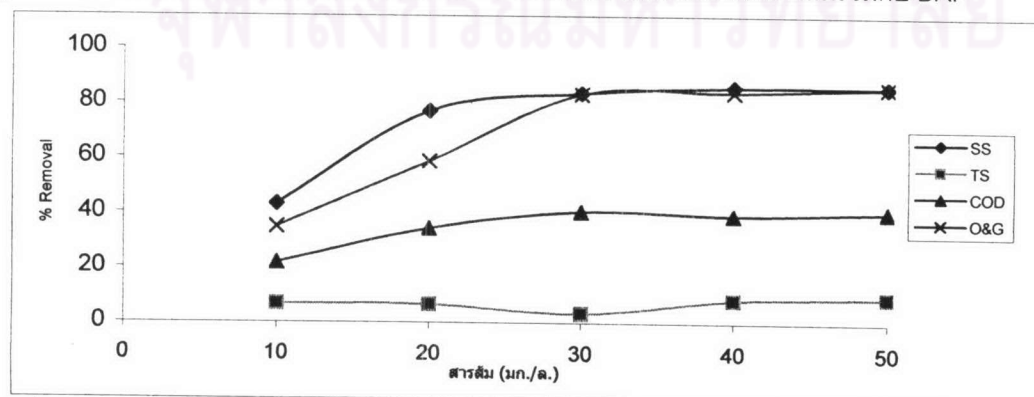
จากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดสารมลพิษเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้สารส้ม และเมื่อใช้สารส้มมากกว่า 30 มก./ล. จะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดสูงขึ้นเล็กน้อย เพราะฉะนั้น ปริมาณสารส้ม 30 มก./ล. จึงมีความเหมาะสมที่สุด โดยประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับร้อยละ 83.6 ปริมาณของแข็งแขวนลอยคงเหลือเท่ากับ 3.5 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 3.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดคงเหลือเท่ากับ 742 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากับร้อยละ 40.4 ปริมาณซีโอดีคงเหลือเท่ากับ 122 มก./ล. และประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันเท่ากับร้อยละ 83.2 ปริมาณน้ำมันคงเหลือเท่ากับ 3.6 มก./ล. ดังแสดงในรูปที่ 4.15 และ 4.16 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองหาปริมาณสารส้มที่เหมาะสมร่วมกับกระบวนการ DAF

ปริมาณ สารส้ม (mg/l)	Recycle (%)	$\phi_b$ (l/m <sup>3</sup> )	SS		TS		COD		O&G	
			mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal
10	24	11	13.5	43.2	708	6.8	169	21.8	16.8	34.8
20	24	11	5.0	77.0	710	6.6	137	34.3	10	58.6
30	24	11	3.5	83.6	742	3.4	122	40.4	3.6	83.2
40	24	11	3.0	85.9	692	8.4	137	39.2	3.6	84.1
50	24	11	3.0	85.9	684	9.3	122	40.4	3.2	85.8



รูปที่ 4.15 ปริมาณสารมลพิษที่เหลือในการทดลองหาค่าปริมาณสารส้มที่เหมาะสมร่วมกับ DAF



รูปที่ 4.16 ประสิทธิภาพการกำจัดสารมลพิษในการทดลองหาค่าปริมาณสารส้มที่เหมาะสมร่วมกับ DAF



เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยสารส้มตามด้วยการตกตะกอน กับกระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยสารส้มร่วมกับกระบวนการ DAF จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณสารส้มที่ใช้ ณ ที่จุดเหมาะสมมีค่าเท่ากับ 30 มก./ล. แต่ประสิทธิภาพในการบำบัดนั้น กระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยสารส้มร่วมกับกระบวนการ DAF มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงกว่าการใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยสารส้มตามด้วยการตกตะกอน

#### 4.3.3.2 การทดสอบหาค่าปริมาณการใช้สารโพลีเมอร์ประจุบวกที่เหมาะสมร่วมกับกระบวนการ DAF

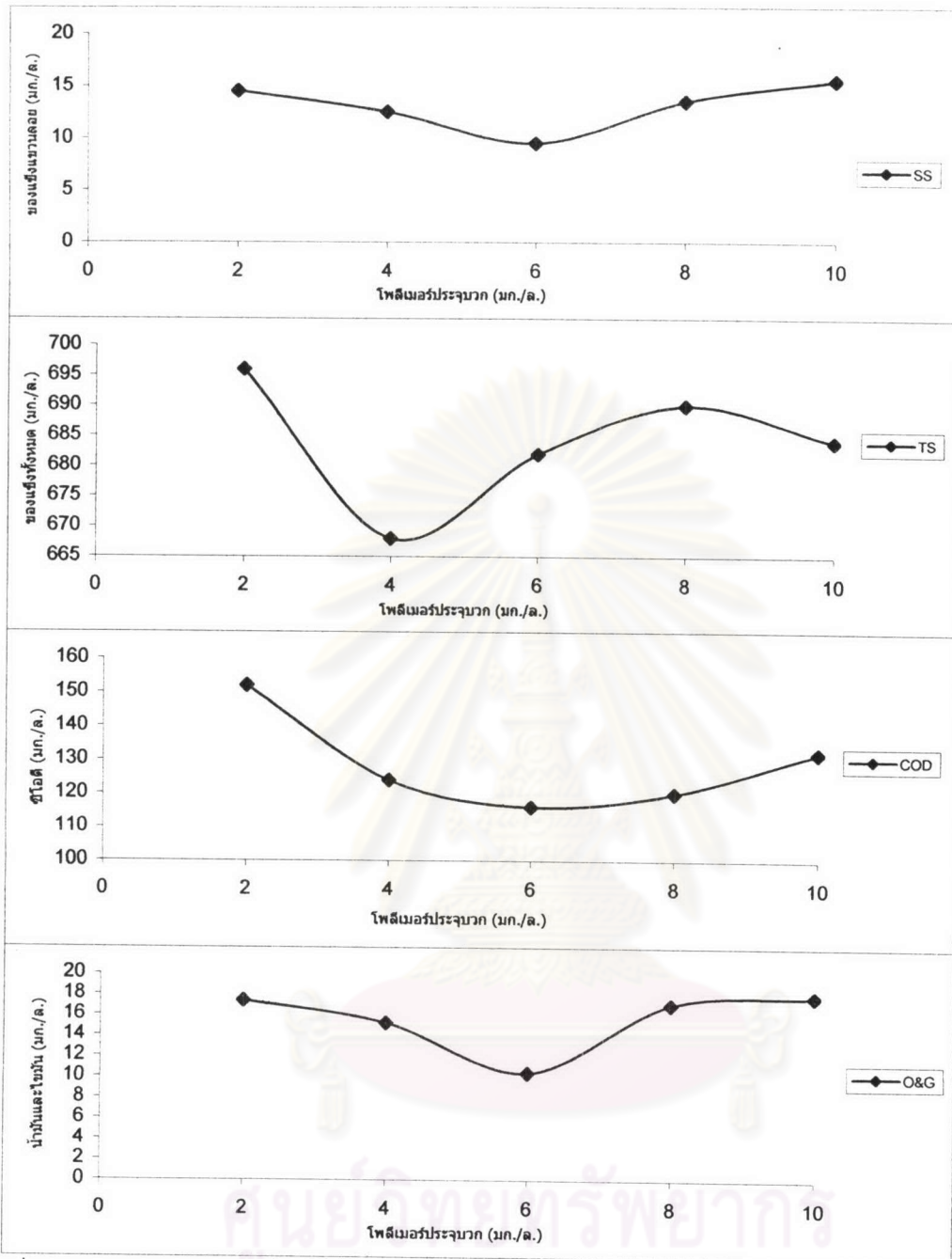
การทดสอบทำการทดลองแบบแบตช์ โดยนำน้ำตัวอย่างที่มีค่าของแข็งแขวนลอย ของแข็งทั้งหมด ซีไอดีและน้ำมันเท่ากับ 34.0 718 204 และ 29.8 มก./ล. ตามลำดับ มาเติมโพลีเมอร์ประจุบวก ปริมาณในช่วง 2-10 มก./ล. ปรับค่าพีเอชประมาณ 5 หลังจากนั้นนำน้ำตัวอย่างมาทดสอบกับชุดทดสอบ DAF โดยใช้ความดันอัดอากาศเท่ากับ 5 บาร์ และใช้ค่าความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศเท่ากับ 11 ล./ลบ.ม. จากนั้นนำน้ำใสมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และคำนวณหาประสิทธิภาพในการกำจัดสารมลพิษสำหรับปริมาณการใช้โพลีเมอร์ประจุบวกที่ค่าต่าง ๆ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.12

จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้โพลีเมอร์ประจุบวก ปริมาณเท่ากับ 6 มก./ล. จะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด โดยประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับร้อยละ 66.2 ปริมาณของแข็งแขวนลอยคงเหลือเท่ากับ 9.5 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 3.9 ปริมาณของแข็งทั้งหมดคงเหลือเท่ากับ 682 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีเท่ากับร้อยละ 36.6 ปริมาณซีไอดีคงเหลือเท่ากับ 116 มก./ล. และประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันเท่ากับร้อยละ 58.6 ปริมาณน้ำมันคงเหลือเท่ากับ 10.4 มก./ล. ดังแสดงในรูปที่ 4.17 และ 4.18 ตามลำดับ

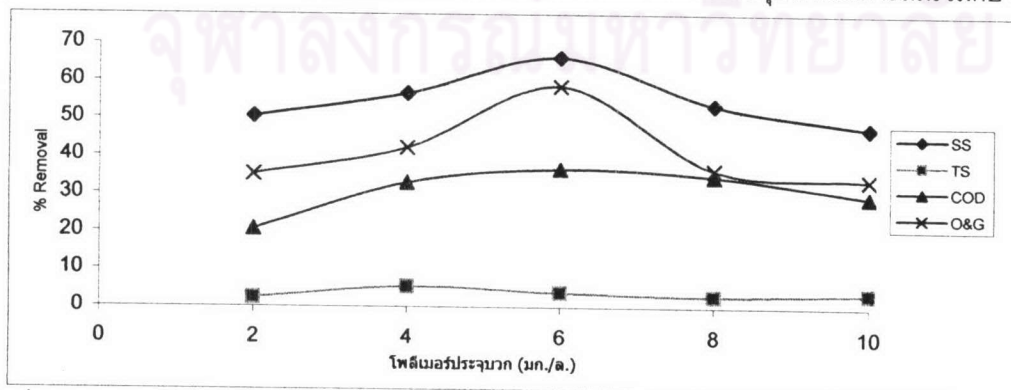
เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดระหว่าง กระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยโพลีเมอร์ประจุบวกตามด้วยการตกตะกอนกับ กระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยโพลีเมอร์ประจุบวกร่วมกับกระบวนการ DAF จากผลการทดลองพบว่า กระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยโพลีเมอร์ประจุบวกร่วมกับกระบวนการ DAF มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงกว่า กระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยโพลีเมอร์ประจุบวกตามด้วยการตกตะกอนเช่นเดียวกับการทดลองใช้สารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนท์

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองหาปริมาณโพแทสเซียมที่เพิ่มหรือลดลงที่เหมาะสมร่วมกับกระบวนการ DAF

ปริมาณ Cat. (mg/l)	Recycle (%)	$\phi_b$ ( $l/m^3$ )	SS		TS		COD		O&G	
			mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal
2	24	11	14.5	50.5	696	2.3	152	20.6	17.4	35.1
4	24	11	12.5	56.7	668	5.4	124	32.9	15.2	42.2
6	24	11	9.5	66.2	682	3.9	116	36.6	10.4	58.6
8	24	11	13.5	53.6	690	3.0	120	34.7	17	36.4
10	24	11	15.5	47.6	684	3.6	132	29.3	17.8	33.9



รูปที่ 4.17 ปริมาณสารมลพิษที่เหลือในการทดลองหาค่าปริมาณโพลีเมอร์ประจุบวกที่เหมาะสมร่วมกับ DAF



รูปที่ 4.18 ประสิทธิภาพการกำจัดสารมลพิษในการทดลองหาค่าปริมาณโพลีเมอร์ประจุบวกที่เหมาะสมร่วมกับ DAF



#### 4.3.4 การทดสอบหาปริมาณการใช้สารโคแอกกูแลนต์กับฟลอคคูแลนต์เอ็ดที่ เหมาะสมร่วมกับกระบวนการ DAF

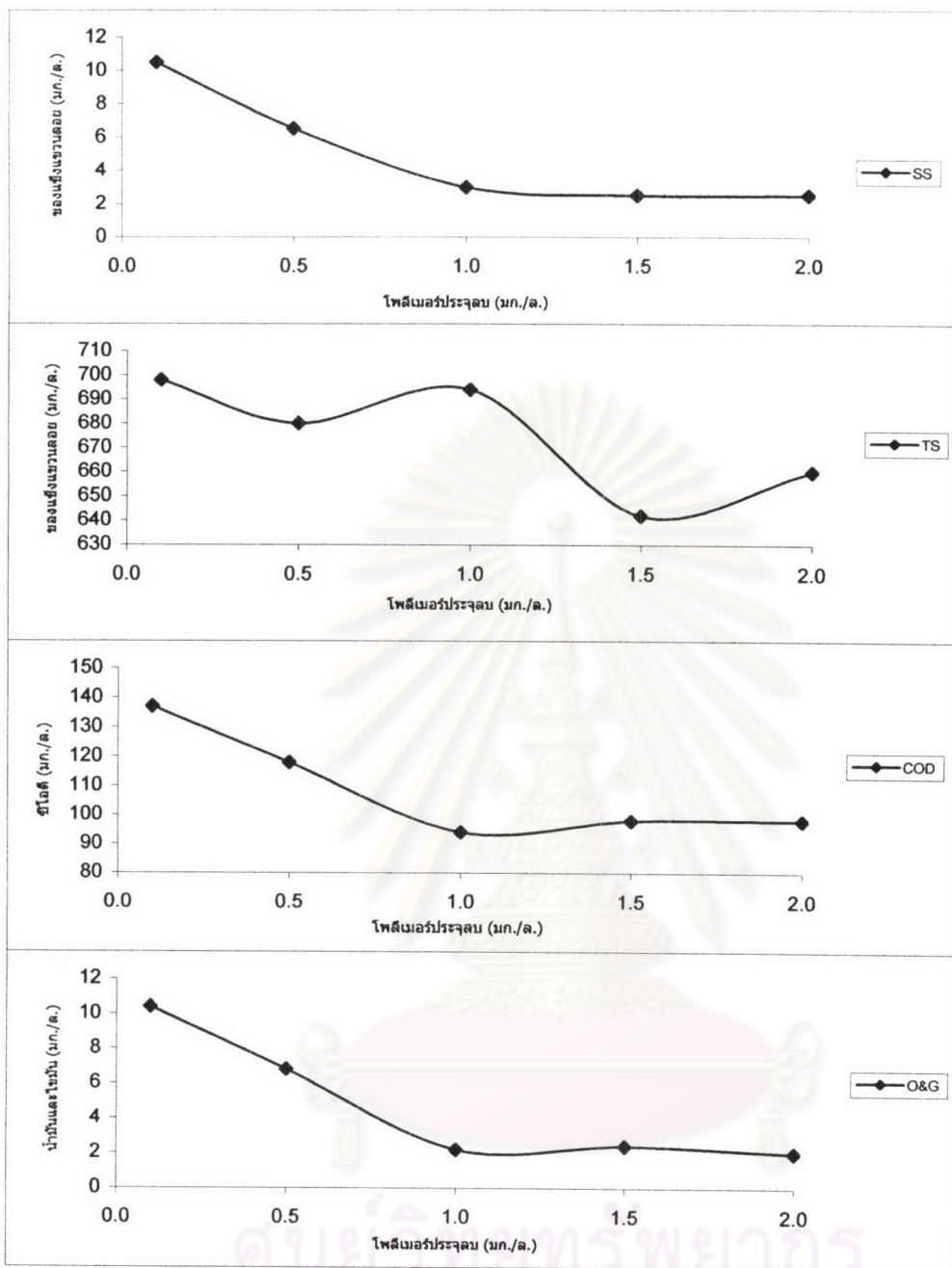
การทดสอบทำการทดลองแบบแบตช์ โดยนำน้ำตัวอย่างที่มีค่าของแข็งแขวนลอยของแข็งทั้งหมด ซีโอดีและน้ำมันเท่ากับ 28.0 756 212 และ 21.6 มก./ล. ตามลำดับมาเติมสารโคแอกกูแลนต์ คือ สารส้มปริมาณเท่ากับ 20 มก./ล. และเติมสารฟลอคคูแลนต์เอ็ด คือ โพลีเมอร์ประจุลบ โดยแปรเปลี่ยนปริมาณในช่วง 0.1 - 2 มก./ล. ปรับค่าพีเอชประมาณ 6 หลังจากนั้นนำน้ำตัวอย่างมาทดสอบกับชุดทดสอบ DAF โดยใช้ความดันอัดอากาศเท่ากับ 5 บาร์ และใช้ค่าความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศเท่ากับ 11 ล./ลบ.ม. จากนั้นนำน้ำใสมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และคำนวณหาประสิทธิภาพในการกำจัดสารมลพิษสำหรับปริมาณการใช้โพลีเมอร์ประจุลบที่ค่าต่าง ๆ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.13

จากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณโพลีเมอร์ประจุลบเพิ่มขึ้น และเมื่อใช้โพลีเมอร์ประจุลบ ปริมาณมากกว่า 1.0 มก./ล. ประสิทธิภาพการบำบัดสูงขึ้นเล็กน้อย เพราะฉะนั้นสารส้มปริมาณเท่ากับ 20 มก./ล. และโพลีเมอร์ประจุลบ ปริมาณเท่ากับ 1.0 มก./ล. มีความเหมาะสมที่สุด โดยประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับร้อยละ 86.5 ปริมาณของแข็งแขวนลอยคงเหลือเท่ากับ 3.0 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งทั้งหมดเท่ากับ ร้อยละ 6.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดคงเหลือเท่ากับ 694 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากับร้อยละ 49.2 ปริมาณซีโอดีคงเหลือเท่ากับ 94 มก./ล. และประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันเท่ากับร้อยละ 87.2 ปริมาณน้ำมันคงเหลือเท่ากับ 2.2 มก./ล. ดังแสดงในรูปที่ 4.19 และ 4.20 ตามลำดับ

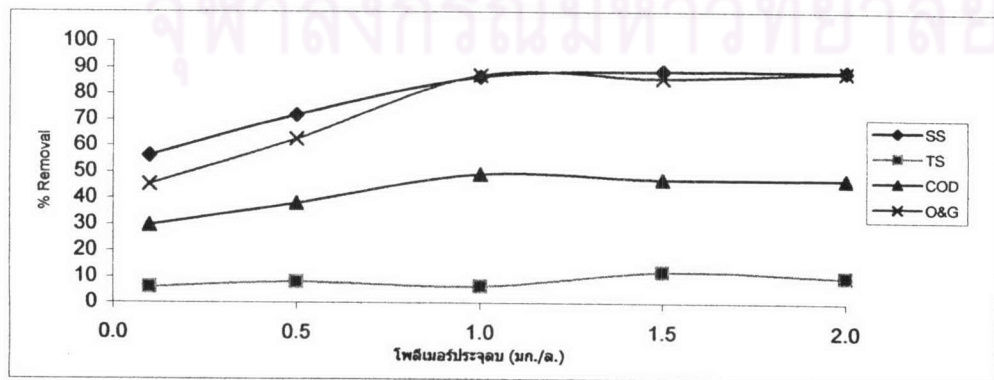
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองหาปริมาณสารส้มและโพลีเมอร์ประจุลบที่เหมาะสมร่วมกับกระบวนการ DAF

ปริมาณสารส้ม (mg/l)	ปริมาณ Anionic (mg/l)	Recycle (%)	$\phi b$ (l/m <sup>3</sup> )	SS		TS		COD		O&G	
				mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal
20	0.1	23	11	10.5	56.2	698	6.0	137	29.7	10.4	45.3
20	0.5	23	11	6.5	71.8	680	7.9	118	38.0	6.8	62.6
20	1.0	23	11	3.0	86.5	694	6.4	94	49.2	2.2	87.2
20	1.5	23	11	2.5	88.7	642	12.0	98	47.2	2.4	86.0
20	2.0	23	11	2.5	88.7	660	10.1	98	47.2	2	88.3



รูปที่ 4.19 ปริมาณสารมลพิษที่เหลือในการทดลองหาค่าปริมาณสารสัมพันธ์กับโพลีเมอร์ประจุลบที่เหมาะสมร่วมกับ DAF



รูปที่ 4.20 ประสิทธิภาพการกำจัดสารมลพิษในการทดลองหาค่าปริมาณสารสัมพันธ์กับโพลีเมอร์ประจุลบที่เหมาะสมร่วมกับ DAF



#### 4.3.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดจากการศึกษา

จากผลการทดลอง สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดโดยกระบวนการโคแอกกูเลชันและโคแอกกูเลชันร่วมกับ DAF เมื่อใช้สารโคแอกกูแลนท์ทั้ง 2 ชนิดแตกต่างกัน ได้ดังตารางที่ 4.14

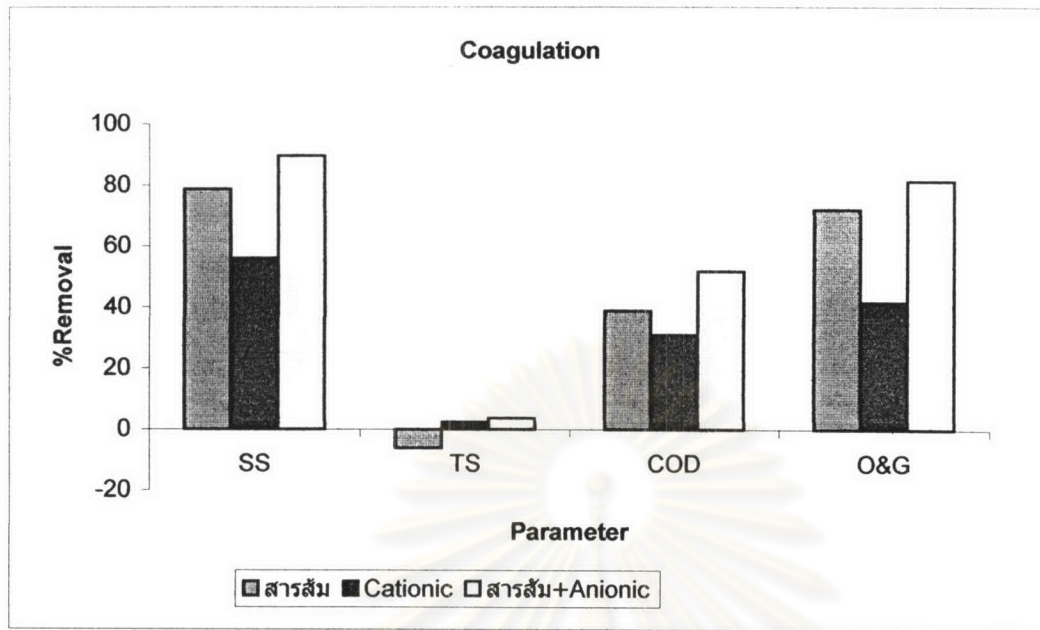
1) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด ระหว่างสารโคแอกกูแลนท์แต่ละชนิดโดยใช้กระบวนการโคแอกกูเลชัน ณ สภาวะที่เหมาะสม พบว่า การใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ประจุลบ มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด รองลงมาได้แก่ การใช้สารส้ม และต่ำสุดเมื่อใช้โพลีเมอร์ประจุบวก ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับร้อยละ 89.6 78.8 และ 56.0 ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีเท่ากับร้อยละ 51.8 38.8 และ 30.9 ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมันเท่ากับร้อยละ 81.4 72.1 และ 41.7 ตามลำดับ (รูปที่ 4.21)

2) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด ระหว่างสารโคแอกกูแลนท์แต่ละชนิดโดยกระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับกระบวนการ DAF ณ สภาวะที่เหมาะสม พบว่าที่ค่าความดันอัดอากาศ 5 บาร์ ค่าความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศ 11 ล./ลบ.ม. การใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ประจุลบ มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด รองลงมาได้แก่การใช้สารส้ม และต่ำสุดเมื่อใช้โพลีเมอร์ประจุบวก ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับร้อยละ 86.5 83.6 และ 66.2 ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 6.4 3.4 และ 3.9 ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีเท่ากับร้อยละ 49.2 40.4 และ 36.6 ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมันเท่ากับร้อยละ 87.2 83.2 และ 58.6 ตามลำดับ (รูปที่ 4.22)

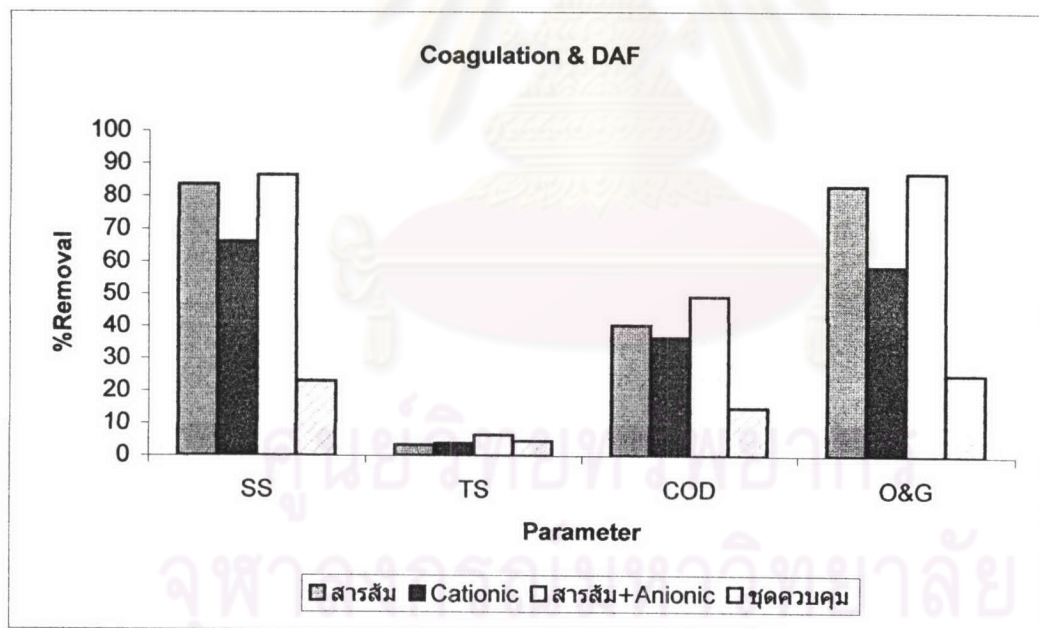
3) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด ระหว่างกระบวนการโคแอกกูเลชันกับกระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับกระบวนการ DAF ณ สภาวะที่เหมาะสม พบว่า การใช้สารส้ม โพลีเมอร์ประจุบวก และสารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ประจุลบ ในกระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับกระบวนการ DAF มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงกว่ากระบวนการโคแอกกูเลชันเพียงอย่างเดียว โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยสูงขึ้นเท่ากับร้อยละ 4.8 10.2 และ -3.1 ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งทั้งหมดสูงขึ้นเท่ากับร้อยละ 9.5 1.5 และ 2.8 ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีสูงขึ้นเท่ากับร้อยละ 1.6 5.7 และ -2.6 ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมันสูงขึ้นเท่ากับร้อยละ 11.1 16.9 และ 5.8 ตามลำดับ (รูปที่ 4.23)

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียที่สถานะเหมาะสมของการทดลองชุดต่าง ๆ

การทดลอง	สารส้ม (mg/l)	Cationic (mg/l)	Anionic (mg/l)	ความดัน (บาร์)	φb (l/m <sup>3</sup> )	SS		TS		COD		O&G	
						mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal
กระบวนการโคแอกกูเลชัน	30	-	-	-	-	8.5	78.8	798	-6.1	161	38.8	6.2	72.1
	-	6	-	-	-	5.5	56.0	646	2.4	152	30.9	11.2	41.7
	20	-	1.0	-	-	4.0	89.6	740	3.6	106	51.8	4.2	81.4
กระบวนการโคแอกกูเลชัน ร่วมกับกระบวนการ DAF	30	-	-	5	11	3.5	83.6	742	3.4	122	40.4	3.6	83.2
	-	6	-	5	11	9.5	66.2	682	3.9	116	36.6	10.4	58.6
	20	-	1.0	5	11	3.0	86.5	694	6.4	94	49.2	2.2	87.2
ชุดควบคุม	-	-	-	5	11	15.5	23.0	850	4.5	310	14.8	19.8	25.1

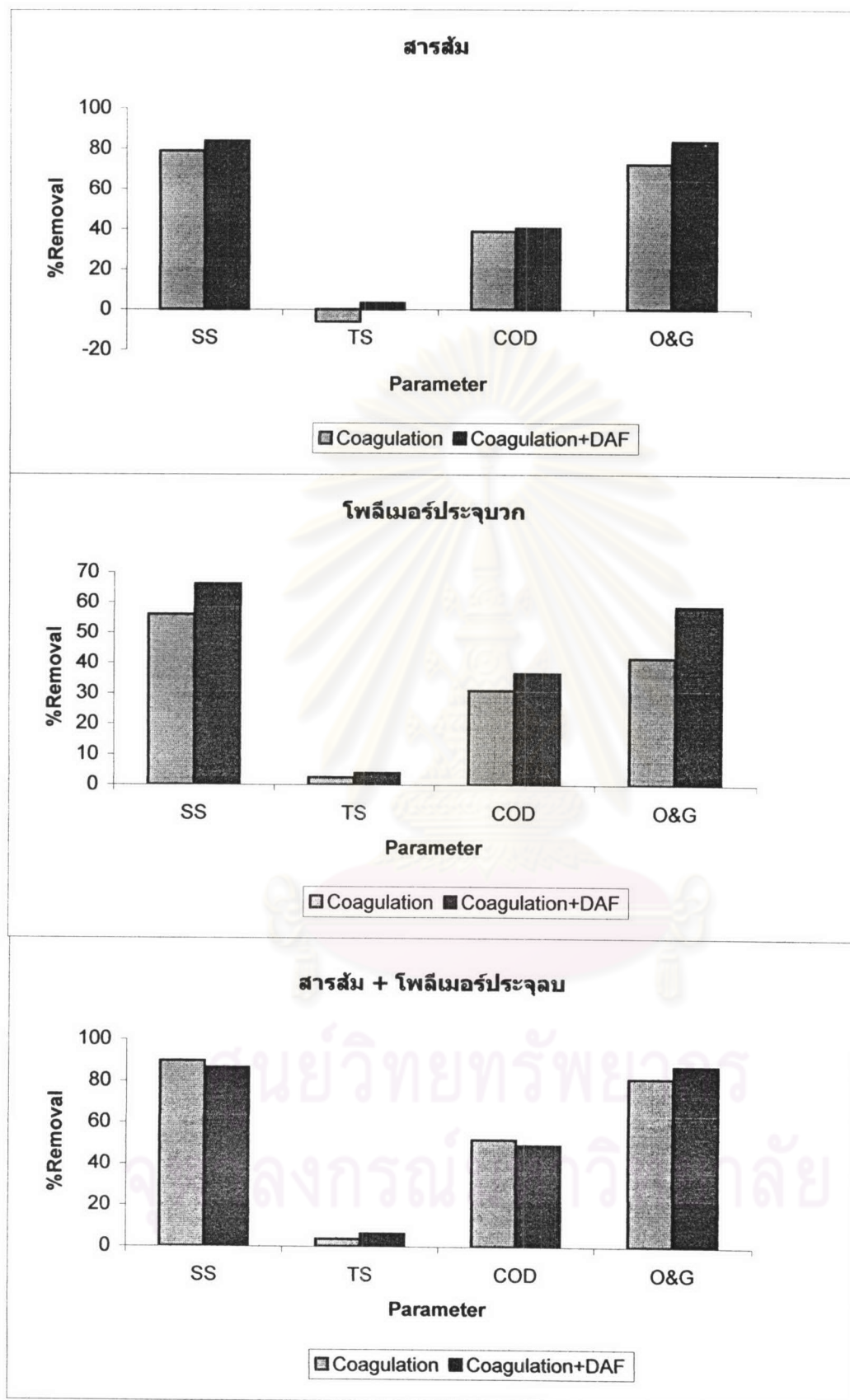


รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดโดยกระบวนการโคแอกกูเลชัน



รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดโดยกระบวนการโคแอกกูเลชัน  
ร่วมกับกระบวนการ DAF





รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดระหว่างกระบวนการโคแอกกูเลชันกับกระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับ DAF

4) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด ระหว่างกระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับกระบวนการ DAF กับชุดควบคุม พบว่ากระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับกระบวนการ DAF มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงกว่าชุดควบคุม โดยการใช้สารส้ม โพลีเมอร์ประจุบวก และสารส้มกับโพลีเมอร์ประจุลบทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยสูงขึ้นเท่ากับร้อยละ 60.6 43.2 และ 63.5 ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งทั้งหมดสูงขึ้นเท่ากับร้อยละ -1.1 -0.6 และ 1.9 ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงขึ้นเท่ากับร้อยละ 25.6 21.8 และ 34.4 ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมันสูงขึ้นเท่ากับร้อยละ 58.1 33.5 และ 62.1 ตามลำดับ (รูปที่ 4.23)

#### 4.3.6 การทดสอบหาค่าภาระทางชีวศาสตร์ที่เหมาะสมโดย DAF แบบ Coaxial DAF Column

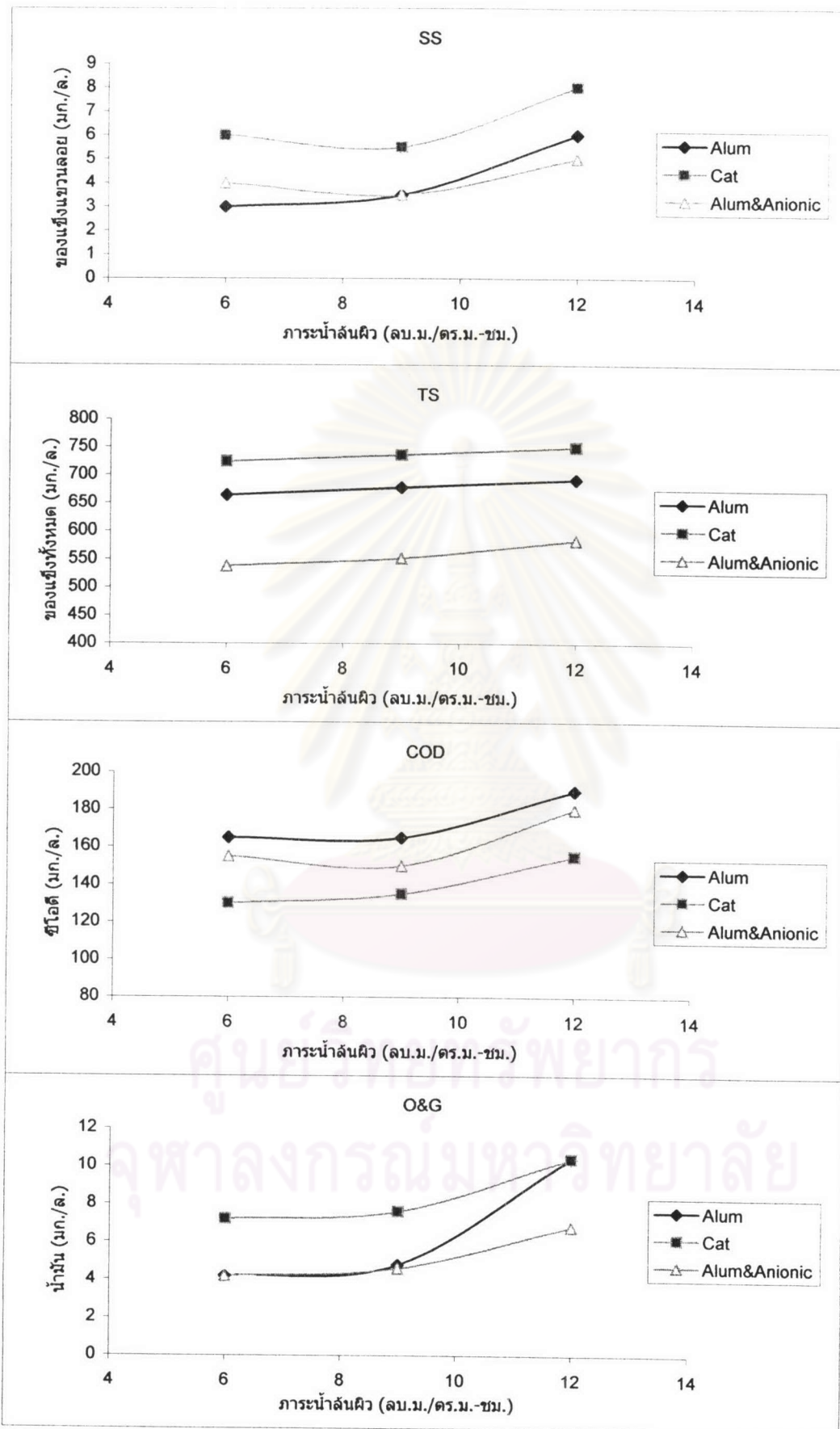
การทดสอบหาค่าภาระทางชีวศาสตร์ที่เหมาะสมโดย DAF แบบ Coaxial DAF Column จะใช้ชุดทดสอบ DAF แบบ Coaxial DAF Column ทำการทดลองแบบต่อเนื่อง โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมและปริมาณสารเคมีจากผลการทดลองที่ 4.3.1 4.3.2 4.3.3 และ 4.3.4 คือ ความดันที่ใช้อัดอากาศ 5 บาร์ ความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศ 11 ล./ลบ.ม. สารส้ม 30 มก./ล. โพลีเมอร์ประจุบวก 6 มก./ล. และสารส้ม 20 มก./ล. ร่วมกับโพลีเมอร์ประจุลบ 1 มก./ล. โดยแปรเปลี่ยนค่าภาระทางชีวศาสตร์เป็น 6 9 และ 12 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.15

จากการทดลองพบว่า ที่ค่าภาระทางชีวศาสตร์ 6 และ 9 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. มีประสิทธิภาพการบำบัดใกล้เคียงกันในแต่ละชนิดของสารโคแอกกูแลนท์ที่ใช้ แต่เมื่อเพิ่มค่าภาระทางชีวศาสตร์เป็น 12 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ประสิทธิภาพการบำบัดลดต่ำลง ซึ่งที่ค่าภาระทางชีวศาสตร์ 9 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. เมื่อใช้สารส้ม โพลีเมอร์ประจุบวก และสารส้มกับโพลีเมอร์ประจุลบ มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับร้อยละ 79.6 67.7 และ 88.6 ปริมาณของแข็งแขวนลอยคงเหลือเท่ากับ 3.5 5.5 และ 3.5 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 6.5 6.5 และ 11.6 ปริมาณของแข็งทั้งหมดคงเหลือเท่ากับ 678 736 และ 552 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากับร้อยละ 37.5 32.7 และ 39.1 ปริมาณซีโอดีคงเหลือเท่ากับ 165 135 และ 150 มก./ล. และประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันเท่ากับร้อยละ 82.3 60.2 และ 80.6 ปริมาณน้ำมันคงเหลือเท่ากับ 4.8 7.6 และ 4.6 มก./ล. ดังแสดงในรูปที่ 4.24 และ 4.25 ตามลำดับ

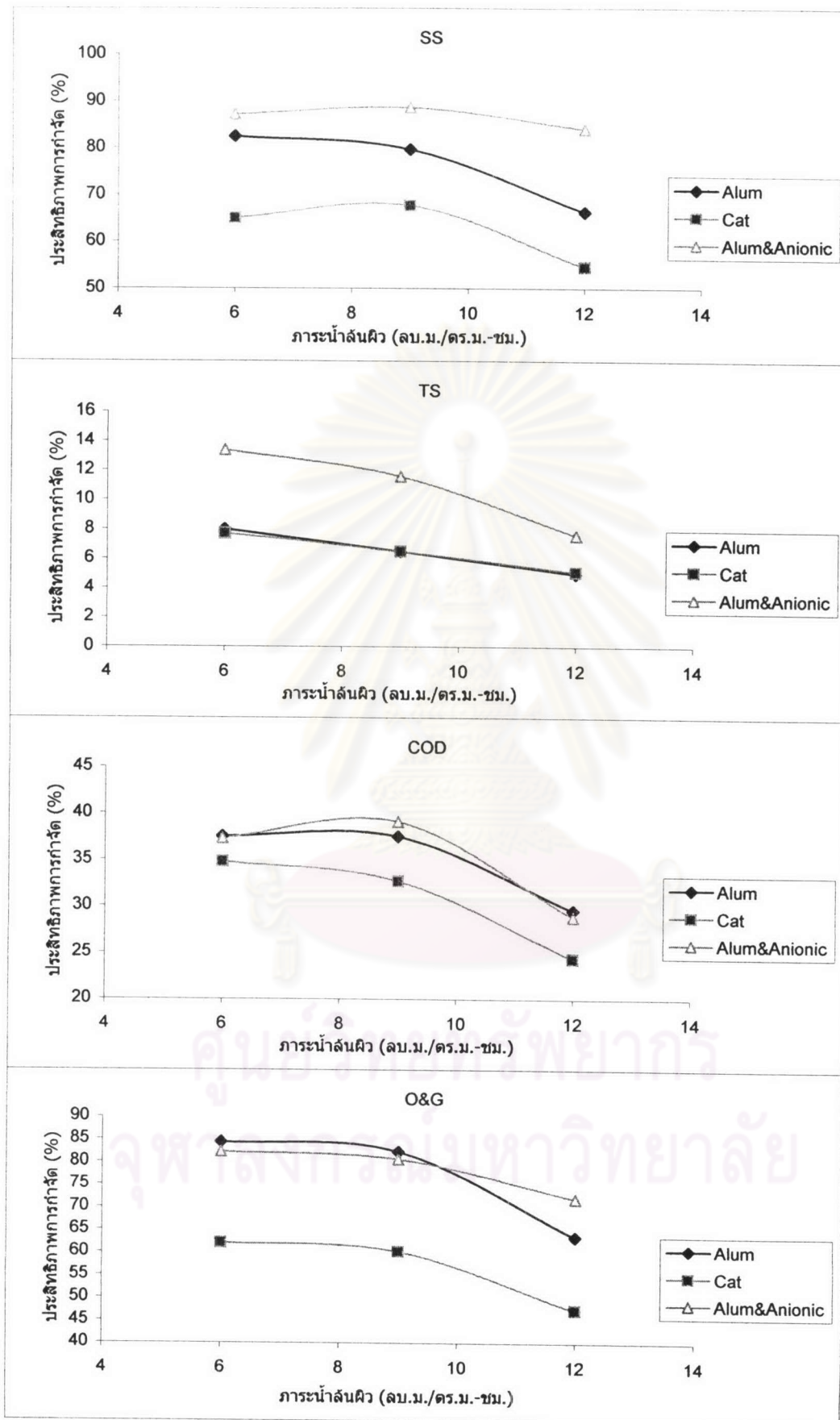
ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองหาค่าการทางศาสตร์ที่เหมาะสมโดย DAF แบบ Coaxial DAF Column

สภาวะการทดลอง				ผลวิเคราะห์ที่ได้ออก							
Coagulant	Recycle (%)	$\phi_b$ (l/m <sup>3</sup> )	SLR (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> -h)	SS		TS		COD		O&G	
				mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal	mg/l	%removal
สารส้ม	24	11	6	3.0	82.4	664	8.0	165	37.5	4.2	84.4
				3.5	79.6	678	6.5	165	37.5	4.8	82.3
				6.0	66.3	692	5.0	190	29.6	10.4	63.5
โพติเมอริ์ประจุบวก	23	11	6	6.0	65.0	724	7.7	130	34.8	7.2	62.1
				5.5	67.7	736	6.5	135	32.7	7.6	60.2
				8.0	54.6	750	5.1	155	24.4	10.4	47.3
สารส้ม+โพติเมอริ์ประจุลบ	23	11	6	4.0	87.1	538	13.4	155	37.3	4.2	82.2
				3.5	88.6	552	11.6	150	39.1	4.6	80.6
				5.0	84.0	584	7.6	180	28.9	6.8	71.9





รูปที่ 4.24 ปริมาณสารมลพิษที่เหลือในการทดลองหาผลของภาชนะน้ำส้มฉิวที่มีต่อ DAF แบบ Coaxial DAF Column



รูปที่ 4.25 ประสิทธิภาพการกำจัดสารมลพิษในการทดลองหาผลของภาระน้ำล้นผิวที่มีต่อ DAF แบบ Coaxial DAF Column

เมื่อพิจารณาคุณค่าภาระทางชีวศาสตร์ที่ 12 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. พบว่าเมื่อใช้สารส้ม โพลีเมอร์ประจุบวก และสารส้มกับโพลีเมอร์ประจุลบ มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเท่ากับร้อยละ 66.3 54.6 และ 84.0 ปริมาณของแข็งแขวนลอยคงเหลือเท่ากับ 6.0 8.0 และ 5.0 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 5.0 5.1 และ 7.6 ปริมาณของแข็งทั้งหมดคงเหลือเท่ากับ 692 750 และ 584 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากับร้อยละ 29.6 24.4 และ 28.9 ปริมาณซีโอดีคงเหลือเท่ากับ 190 155 และ 180 มก./ล. และประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันเท่ากับร้อยละ 63.5 47.3 และ 71.9 ปริมาณน้ำมันคงเหลือเท่ากับ 10.4 10.4 และ 6.8 มก./ล. ซึ่งมีประสิทธิภาพลดลง เพราะฉะนั้นค่าภาระทางชีวศาสตร์ที่เหมาะสมเท่ากับ 9 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์การออกแบบสำหรับบำบัดน้ำเสียน้ำมันโดยกระบวนการ DAF ที่มีค่าอยู่ในช่วง 3 - 7 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.

#### 4.4 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบำบัด

จากผลการทดลองปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดลองของทั้งสองกระบวนการเท่ากัน ทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนของสารเคมีจึงมีค่าเท่ากันในแต่ละชนิดของสาร การคิดค่าสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดจะใช้ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียเท่ากับ 8.16 ซึ่งเป็นค่าพีเอชเฉลี่ยของน้ำเสียตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง ค่าสารเคมีสามารถสรุปได้ในตารางที่ 4.16 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.16 ค่าสารเคมีในการบำบัด

สารเคมี	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	ปริมาณการใช้สารเคมี	ค่าใช้จ่าย	ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมัน
	1N			
	มล./ล	มก./ล.		ร้อยละ
สารส้ม	1.65	30	1.26	82.3
โพลีเมอร์ประจุบวก	3.40	6	3.23	60.2
สารส้ม+โพลีเมอร์ประจุลบ	1.85	20+1	1.41	80.6

การใช้สารส้มมีค่าใช้จ่ายสารเคมีต่ำที่สุดคือ 1.26 บาท/ลบ.ม. รองลงมาได้แก่ การใช้สารส้มกับโพลีเมอร์ประจุลบ 1.41 บาท/ลบ.ม. และโพลีเมอร์ประจุบวกมีค่าใช้จ่ายสารเคมีสูงสุด 3.23 บาท/ลบ.ม. เพราะฉะนั้นการใช้สารส้มมีความเหมาะสมที่สุดในด้านค่าใช้จ่ายสารเคมี และให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงใกล้เคียงกับการใช้สารส้มร่วมกับโพลีเมอร์ประจุลบที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด



เมื่อเปรียบเทียบขนาดของพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างและขนาดของระบบบำบัด ในการออกแบบ สำหรับการตกตะกอนจะใช้ค่าภาระทางชลศาสตร์ประมาณ 0.4 - 1 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. (Berne และ Cordonier, 1995) ส่วน DAF ค่าภาระทางชลศาสตร์ที่ได้จากการทดลองสูงถึง 9 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ซึ่งต่างกันประมาณ 9 เท่า เพราะฉะนั้นกระบวนการโคแอกกูเลชันตามด้วยการตกตะกอน จะใช้พื้นที่และมีขนาดของระบบบำบัดใหญ่กว่ากระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับ DAF ส่วนการเดินระบบ กระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับ DAF จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานมากกว่าเนื่องจากต้องใช้ ไฟฟ้าในการอัดอากาศและการหมุนเวียนน้ำอัดอากาศ

#### 4.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดโดยกระบวนการ DAF ของบริษัท บางจาก ปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) กับการทดลอง

กระบวนการ DAF ที่ใช้บำบัดน้ำเสียน้ำมันในระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัท บางจากปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) เป็นแบบแบตช์ ซึ่งไม่มีกระบวนการโคแอกกูเลชันและการเวียนกลับน้ำอัดอากาศ โดย จะทำการอัดอากาศลงในน้ำเสียโดยตรง ส่วนกระบวนการ DAF ในการทดลองที่ใช้เปรียบเทียบ จะใช้ การทดลองที่ 4.3.6 คือการทดสอบหาค่าภาระทางชลศาสตร์ที่เหมาะสมโดย DAF แบบ Coaxial DAF Column โดยใช้สารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนต์ ทำการทดลองแบบต่อเนื่องและมีการหมุนเวียนน้ำอัด อากาศ ผลการเปรียบเทียบแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 เปรียบเทียบค่าที่ใช้ในการเดินระบบ DAF และประสิทธิภาพการบำบัด

พารามิเตอร์		ที่มา	
		บางจาก	ทดลอง
สภาวะการเดินระบบ	สารส้ม (มก./ล.)	-	30
	ความดัน (บาร์)	3	5
	ความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศ (ล./ลบ.ม.)	32	11
ประสิทธิภาพการกำจัด (%)	ของแข็งแขวนลอย	22.5	79.6
	ของแข็งทั้งหมด	6.2	6.5
	ซีโอดี	1.3	37.5
	น้ำมันและไขมัน	3.6	82.3

หมายเหตุ : ข้อมูลประสิทธิภาพการบำบัดของบริษัท บางจากปิโตรเลียม จำกัด(มหาชน) ได้จากการ เก็บตัวอย่าง ณ วันที่ 22 สิงหาคม 2546

จากตารางที่ 4.17 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการบำบัดที่ได้จากบริษัท มีประสิทธิภาพต่ำกว่าที่ได้จากการทดลองทั้งที่ใช้ค่าความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศสูงกว่า เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัท ใช้ความดันในการอัดอากาศต่ำและไม่มีกระบวนการโคแอกกูเลชันซึ่งใช้ทำลายเสถียรภาพของน้ำมัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ 4.3.2 ที่ได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างการใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันร่วมกับ DAF กับไม่ใช้กระบวนการโคแอกกูเลชัน เพราะฉะนั้นระบบบำบัดน้ำเสียน้ำมันของบริษัท จึงควรเพิ่มความดันที่ใช้อัดอากาศและขั้นตอนกระบวนการโคแอกกูเลชันเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันของ DAF นอกจากนี้ควรปรับเปลี่ยนระบบ DAF จากเดิมที่ทำการอัดอากาศลงในน้ำเสียโดยตรงเป็นการใช้น้ำหมุนเวียนมาอัดอากาศ เนื่องจากการอัดอากาศลงในน้ำเสียโดยตรงอาจทำให้ฟลอคที่มาจากกระบวนการโคแอกกูเลชันแตก ทำให้มีประสิทธิผลการบำบัดต่ำ

จากผลการทดลองคุณภาพของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดโดยใช้สารส้ม ค่าของแข็งแขวนลอย ค่าซีไอดีและค่าน้ำมันและไขมัน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง ซึ่งอาจปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้โดยไม่ต้องผ่านการบำบัดในขั้นต่อไป แต่เมื่อพิจารณาจากลักษณะสมบัติน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัด พารามิเตอร์อื่น ๆ เช่น ซีลไฟด์ ฟีนอลและปรอท นั้นมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง (ตารางที่ 2.2) เพราะฉะนั้นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วย DAF ควรมีการบำบัดในขั้นต่อไป

#### 4.6 ระบบ DAF แบบ Coaxial DAF Column สำหรับบำบัดน้ำเสียโรงกลั่นน้ำมัน

จากการทดลองสามารถสรุปค่าที่ใช้สำหรับระบบ DAF แบบ Coaxial DAF Column ซึ่งเป็นการบำบัดแบบต่อเนื่องมาใช้บำบัดน้ำเสียโรงกลั่นน้ำมัน ได้ดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ระบบ DAF แบบ Coaxial DAF Column สำหรับบำบัดน้ำเสียโรงกลั่นน้ำมัน

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าที่แนะนำ
ความดัน	บาร์	5
ความเข้มข้นของปริมาตรฟองอากาศ	ล./ลบ.ม.	11
อัตราการทางชลศาสตร์	ลบ.ม./ตร.ม.-ชม.	9